

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 – Приборостроение
Профиль «системы ориентации стабилизации и навигации»
Отделение электронной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Портативный прибор для выявления аритмии сердца

УДК 004.057.5.616.12-008.3-073.96

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Дементьев Денис Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гормаков Анатолий Николаевич	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков Артем Георгиевич	К.И.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н		

По разделу «Основная часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Лежнина Инна Алексеевна	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Тамара Георгиевна	К.Т.Н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
P1	Способность совершенствовать и повышать свои специальные знания в области математических, физических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;
P2	Способность адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.
P3	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P4	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты инженерной деятельности в областях контроля деформации измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.
P5	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя макеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.
P6	Умение профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и социальную ответственность.
P7	Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.
P8	Умение разрабатывать результаты исследований по анализу; способность разработать и проводить оптимизацию натурных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности.
P9	Умение организовывать современное обеспечение технологических процессов производства приборных систем; решать экономические и

	организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.
P10	Способность проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.
P11	Способность формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 – Приборостроение
Профиль «системы ориентации стабилизации и навигации»
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель отделения
_____ Баранов П.Ф.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Дементьеву Денису Олеговичу

Тема работы:

Портативный прибор для выявления аритмии сердца

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>Объектом исследования является портативный прибор для регистрации электрокардиограммы, с целью выявления аритмии сердца.</p> <p>Цель исследования – разработка портативного устройства для выявления аритмии сердца</p> <p>Ожидаемые результаты: разработка принципиальной электрической схемы. Конструирование прибора (корпус, манжета). Изготовление макетного образца устройства.</p>
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Анатомия и физиология сердца 2. Выявление оптимального места крепления электродов для регистрации ЭКГ 3. Разработка конструкции макета образца прибора 4. Оценка технологичности и надежности
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация Microsoft Office Power Point Чертеж общего вида прибора, схема электрическая принципиальная, сборочный чертеж печатного узла, чертёж манжеты, чертеж корпуса, спецификация, перечень элементов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Основной раздел	Лежнина Инна Алексеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков Артем Георгиевич
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Выявление оптимального места крепления электродов для регистрации ЭКГ	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гормаков Анатолий Николаевич	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Дементьев Денис Олегович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.04.01 – Приборостроение
 Профиль «системы ориентации стабилизации и навигации»
 Отделение электронной инженерии
 Уровень образования магистратура
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.10.2017 г.	Изучение теоретического материала	10
13.11.2017 г.	Разработка чертежей: чертеж общего вида, схема электрическая принципиальная, сборочный чертеж печатного узла	20
10.04.2018 г.	Монтаж платы и сборка устройства. Проведение испытаний.	20
15.05.2018 г.	Раздел «Социальная ответственность»	15
22.05.2018 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	15
03.05.2018 г.	Раздел «Английский язык»	10
03.06.2018 г.	Оформление ВКР и представление работы рецензенту	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гормаков А. Н.	к. т. н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ооп	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Т.Г.	к. т. н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 69 с., 18 рис., 15 табл., 13 источников.

Ключевые слова: аритмия, биопотенциал, электрокардиограмма, QRS-комплекс, электроды, ишемическая болезнь сердца, .

Объектом исследования является сердце человека.

Цель работы – разработать макетный образец прибора для выявления аритмии сердца.

В процессе работы проводились: выбор и обоснование выбранного места крепления электродов для регистрации ЭКГ; разработка принципиальной электрической схемы портативного кардиографа, трассировка печатной платы; конструирование макетного образца прибора.

В результате исследования с помощью готового портативного электрокардиографа были получены ЭКГ сигналы человека.

Степень внедрения: макетный образец прибора

Область применения: регистрация электрокардиограммы в условиях повседневной жизнедеятельности

В будущем планируется: проведение клинических испытаний в НИИ кардиологии Томска.

Определения, обозначения, сокращения

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Электрокардиография – это метод регистрации биопотенциалов электрического поля сердца человека, возникающего в процессе работы.

Электрокардиограф – это устройство, предназначенное для регистрации биоэлектрической активности, а именно разности потенциалов, которые распространяются по проводящей системе в результате активной генерации электрического возбуждения водителем ритма сердца

Электрод – устройство, позволяющее регистрировать разность потенциалов с поверхности тела человека. Современные хлорсеребряные электроды не требуют дополнительного улучшения проводимости (кожа-электрод), благодаря специальному гелю внутри электрода, который способствует улучшению проводимости.

Электрокардиографические отведения – две точки, на поверхности тела человека, относительно которых измеряется разность потенциалов.

Миокард – название мышечного среднего слоя сердца, составляющего основную часть его массы.

Обозначения и сокращения

ЭКГ – электрокардиограмма

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания

ПД – потенциал действия

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	12
ГЛАВА 1 АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА	13
1.1 Анатомия сердца	13
1.2 Рабочий цикл сердца	14
1.3 Водитель ритма	15
1.4 Потенциал действия	17
1.4.1 Фазы потенциала действия	18
1.4.2 Распространение потенциала действия	19
1.5 Активные свойства мембраны	20
ГЛАВА 2 ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЭКГ	21
1.1 Регистрация ЭКГ с запястья двух рук и с плеча руки	21
1.2 Регистрация ЭКГ с запястья двух рук с гальванически развязанными каналами	24
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА	26
1.1 Требования, предъявляемые к конструкции макетного образца устройства 26	
1.2 Разработка печатной платы	26
1.3 Проектирование корпуса	30
ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА	32
4.1 Служебное назначение прибора	32
4.2 Конструирование макетного образца прибора	32
4.2.1 Разработка конструкции печатной платы	33
4.2.2 Оценка сборочной единицы на технологичность	33

4.2.1	Расчет надежности прибора	35
4.3	Технологический процесс монтажа печатного узла	38
4.4	Технологический процесс общей сборки прибора.....	38
ГЛАВА 6. ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.		40
6.1.	Структура работ в рамках научного исследования.....	40
6.2.	Определение трудоемкости выполнения работ.....	41
6.3.	Разработка графика проведения научного исследования.....	42
6.4.	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	45
6.4.1	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы....	46
6.4.2	Отчисления во внебюджетные фонды	48
6.4.3	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	49
6.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	50
ГЛАВА 7 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ		54
ВВЕДЕНИЕ.....		54
7.1	Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации прибора для выявления аритмий сердца.....	54
7.1.1	Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.....	55
7.1.2	Недостаточная освещенность рабочей зоны	57
7.1.3	Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	57
7.2	Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации прибора для выявления аритмий сердца.....	58
7.2.1	Опасность поражения электрическим током	59
7.3	Экологическая безопасность	60
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	60
7.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
7.5.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	63

7.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	67
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	68

Введение

В неразрушающем контроле одним из перспективных направлений является «медицинское приборостроение».

Представленная работа несёт актуальный характер, так как в последние годы диагностика биоэлектрической активности сердца занимает одно из самых важных мест в медицинской диагностике. По данным всемирной организации здравоохранения сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти по всему миру. И по оценкам в 2012 году от сердечно-сосудистых заболеваний умерло 17,5 млн человек [1].

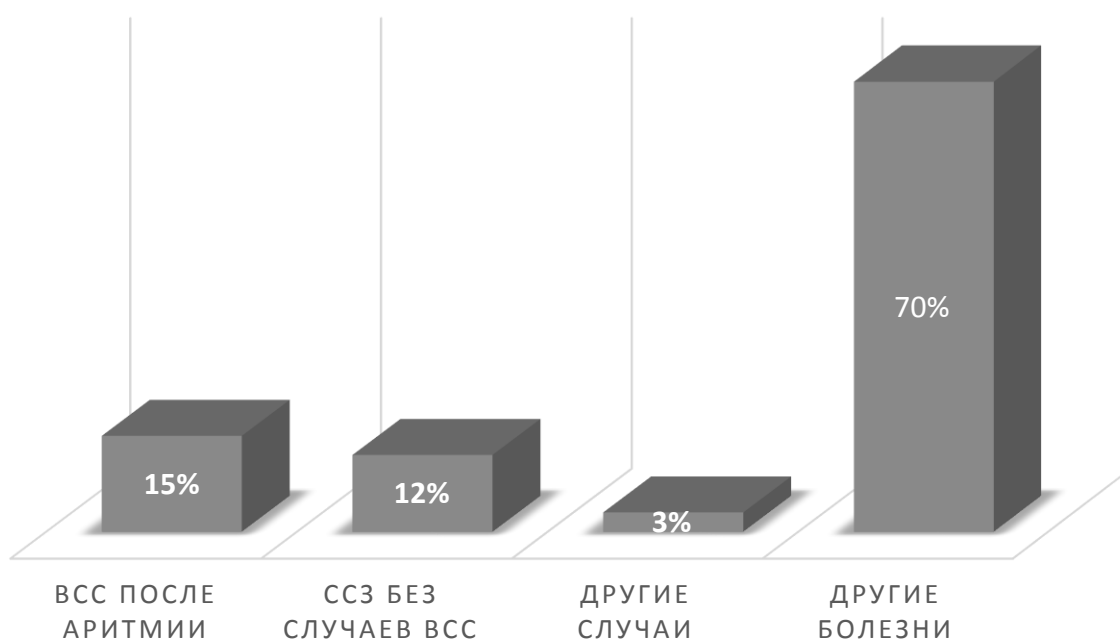


Рисунок 1 – Диаграмма смертности по данным ВОЗ

С помощью портативного носимого электрокардиографа, можно на ранних стадиях выявить патологии сердца, и вовремя принять меры по их устранению.

Глава 1 Анатомия и физиология сердца

Подробное изучение теоретического материала по данной теме очень важно, так как стоит знать, какие именно процессы происходят во время работы нашего сердца, вследствие чего, происходит образование и распространение электрического поля по телу человека, чтобы понимать, в каком месте есть шанс зарегистрировать электрокардиограмму, а каком нет.

1.1 Анатомия сердца

Сердце человека это один из самых главных органов, без которого невозможна жизнь. Оно представляет из себя полый мышечный орган, в который попадает кровь из вен и перекачивается в артерии, которые примыкают к сердцу. Наше сердце разделено на четыре камеры, каждая из которых выполняет свою роль в процессе активности сердца. Левые предсердие и желудочек образуют так называемое – «артериальное сердце». Правые же предсердие и желудочек образуют – «венозное сердце». Их названия происходят от вида крови, которая протекает по этим сердцам [2].

Сокращение и расслабление сердца имеют своё название – систола и диастола соответственно.

Так как левый желудочек должен выталкивать кровь в большой круг кровообращения, где сопротивление потоку выше в несколько раз, и соответственно кровяное давление в разы выше, чем в малом кругу кровообращения – его стенки толще стенок правого желудочка практически в три раза.

Также есть еще одна особенность в строении нашего сердца. Для того, чтобы кровь, которая была отправлена в артерии не возвращалась обратно, природа наделила его клапанами, отвечающими за верное протекание крови. Эти клапаны открывают и закрывают путь в соответствующий момент времени,

пропуская или задерживая кровь соответственно. Митральный клапан – расположен между левым желудочком и предсердием и имеет две створки. Отсюда и его название – «двухстворчатый». Между правым желудочком и предсердием находится – «трехстворчатый клапан», название дано также в виду количества створок клапана. И лишь за вытекание крови из обоих желудочков отвечают «аортальный» и «лёгочный» клапаны.

1.2 Рабочий цикл сердца

Для постоянного поддержания кровообращения обычного здорового человека сердце постоянно сокращается и расслабляется. В эти действия входят три фазы, совокупность которых даёт название – рабочий сердечный цикл.

Первой фазой называется момент времени, когда наполненные кровью предсердия сокращаются. Причём в момент сокращения предсердий кровь через описанные выше клапаны попадает в расслабленные желудочки, а из-за того, что сокращение предсердий начинается с того места, где впадают вены и устья их сжаты – кровь не может вернуться обратно в вены.

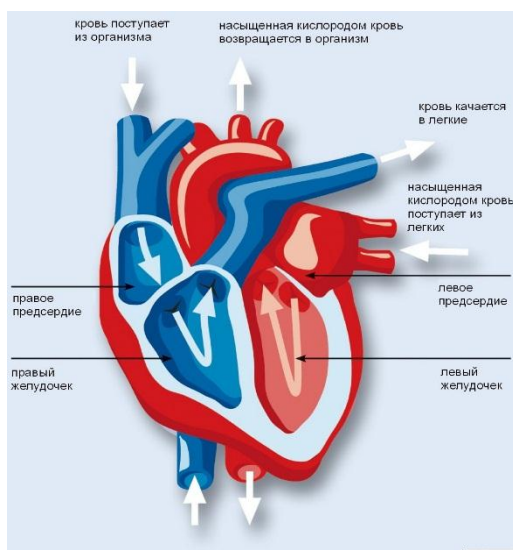


Рисунок 2 – Кровообращение сердца

Второй фазой называют момент времени, когда происходит расслабление предсердий и сокращение желудочков. В этот момент двух и трехстворчатый

клапаны, отделяющие предсердия от желудочков, закрывают свои створки и не позволяют крови вернуться обратно в предсердия. А через аортальный и легочный клапаны кровь нагнетается в аорту и в легочную артерию соответственно, благодаря сокращению желудочков.

Третья фаза. Фаза, которая называется – пауза. Занимает самое продолжительное время из всего рабочего цикла сердца. Во время этой фазы, кровь попадает из вен в предсердия и частично стекает в желудочки. После этого, предсердия снова начнут сокращаться – начиная новый цикл.

В среднем время одного рабочего цикла сердца составляет порядка 0.85 с. Причём всего 0.11 с – отводится на первую фазу, 0.32 с – на фазу, когда сжимаются желудки и расслабляются предсердия, и целых 0.4 с остаются на третью фазу паузы. Отсюда следует, что в среднем за одну минуту (60 с.) сердце воспроизводит практически 70 циклов [2].

1.3 Водитель ритма

Вся электрокардиография строится на одних лишь законах термодинамики, связанные с электрическими процессами, которые происходят из-за генерации электрического импульса водителем ритма сердца, потенциал которого распространяется по проводящей системе и миокарду.

После того как импульс генерируется в синусовом узле, возбуждение распространяется сначала на правое, а после 0.02 с на левое предсердие, а затем, после небольшой паузы, внутри атриовентрикулярного узла переходит на перегородку, возбуждает левый и правый желудочки, синхронно вызывая сокращения.

Все возбужденные клетки превращаются в элементарные диполи, а сумма этих диполей в момент, когда происходит возбуждение составляет эквивалентный диполь (двухполюсный генератор). Распределение возбуждения по всему сердцу сопровождается появлением электрического поля в теле (в

окружающем объёмном проводнике). Разность потенциалов составляет буквально единицы милливольт. Эту разность потенциалов регистрируют электроды электрокардиографа в двух точках этого поля. Регистрируется это напряжение в виде зубцов ЭКГ, направленных в положительную и отрицательную стороны от изолинии (изоэлектрической линии).

Эйнтховен – это Голландский ученый-физиолог, являющийся основоположником электрокардиографии, предложил регистрировать разность потенциалов на теле человека во фронтальной плоскости, причём в трех отведениях, проецируя на тело человека некий равносторонний треугольник (Рисунок 3), линии между вершинами которого – являются осями стандартных отведений.

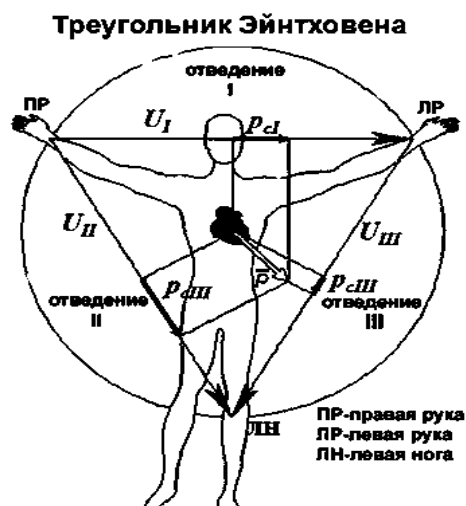


Рисунок 3 – Треугольник Эйнтховена

Вершинами этого треугольника являлись – права и левая руки, и лонное сочленение. В современной практике электрокардиографии третьей вершиной является левая нога [3].

Автоматизм — уникальная способность сердца возбуждаться под влиянием импульсов, которые возникают в кардиомиоцитах без внешних раздражителей. В свою очередь кардиомиоциты – это клетки сердца, составляющие мышечную основу. Существуют такие кардиомиоциты, как рабочие и синусные, переходные и проводящие, а также – секреторные кардиомиоциты. Основную массу миокарда составляют рабочие кардиомиоциты.

Воздействие на эндокринную систему сердца оказывают гормоны, которые могут как усиливать и ослаблять силу сокращений, так и изменять частоту сокращений. Это ничто иное, как регуляция работы сердца.

Основной эндокринной железой, регулирующей работу нашего сердца, считают – надпочечники. Они выделяют гормоны: адреналин и норадреналин, действие которых на сердце соответствует функциям симпатической нервной системы. Также эффект на работу сердца оказывают ионы калия и кальция, эндорфины и многие другие биологически активные вещества внутри организма.

Миокард – так называется средний мышечный слой, составляющий основную массу сердца. Он представляет из себя довольно плотное соединение кардиомиоцитов (мышечных клеток). Миокард очень сильно отличается от остальных видов мышечной ткани, особым гистологическим строением, способствующий беспрепятственному распределению потенциала действия между кардиомиоцитами.

1.4 Потенциал действия

Что такое потенциал действия? Это перемещающаяся по мембране живой клетки волна возбуждения, в результате которой происходит кратковременное изменение потенциала мембраны на некотором участке возбудимой клетки (нейронов или кардиомиоцитов). После этого наружная поверхность того участка становится отрицательно заряженной по отношению к внутренней поверхности мембраны. Хотя в покое наружная поверхность заряжена положительно. Ключевой особенностью потенциала действия является то, что он представляет собой физиологическую основу нервного импульса. Благодаря постоянной работе натрий-калиевого насоса концентрация ионов натрия в цитоплазме клетки невелика в сравнении с окружающей средой. Во время прохождения потенциала действия открываются потенциал-зависимые натриевые каналы и заряженные положительно ионы натрия попадают в цитоплазму по градиенту концентрации, до того момента, пока не станет

уравновешен положительным зарядом. После этого, потенциал-зависимые каналы частично теряют свою активность и отрицательный потенциал покоя восстанавливается за счёт диффузии из клетки положительно заряженных ионов калия. Их концентрация в окружающей среде также гораздо ниже внутриклеточной.

1.4.1 Фазы потенциала действия

- **Предспайк** – процесс медленной деполяризации мембраны до критического уровня деполяризации (местное возбуждение, локальный ответ).
- **Пиковый потенциал (спайк)** – состоящий из восходящей части (деполяризация мембраны) и нисходящей части (реполяризация мембраны).
- **Отрицательный следовой потенциал** – от критического уровня деполяризации до исходного уровня поляризации мембраны (следовая деполяризация).
- **Положительный следовой потенциал** – увеличение мембранного потенциала и постепенное возвращение его к исходной величине (следовая гиперполяризация).

Поляризация мембраны живой клетки сопровождается изменением ионного состава с её наружной и внутренней стороны. Когда клетка находится в невозбужденном состоянии, ионы по обеим сторонам мембраны создают стабильную разность потенциалов, которая называется потенциалом покоя.

Если внутрь живой клетки поместить электрод и измерить, так называемый «мембранный потенциал покоя», то вероятнее всего он будет иметь отрицательное значение от минус 70 до минус 90 мВ. Объясняется это всё тем, что суммарный заряд на внутренней стороне мембраны значительно ниже чем на внешней. На порядок больше ионов натрия, кальция и хлора – с наружной стороны, а внутри — ионов калия и отрицательно заряженных белковых молекул, аминокислот, органических кислот, и т.д. Надо понимать, что речь идёт

именно о заряде поверхности мембраны — в целом среда и внутри, и снаружи клетки заряжена нейтрально.

Мембранный потенциал может изменять своё значение под действием различных стимулов, например, электрический ток, подаваемый через электрод на внутреннюю либо внешнюю сторону мембраны. Часто в естественных условиях стимулом служит химический сигнал от соседствующих клеток, поступающий путем диффузной передачи, через межклеточную среду.

Изменение потенциала мембраны может происходить как в отрицательную (гиперполяризация), так и в положительную (деполяризация) сторону. В нервной ткани, как правило, потенциал действия возникает при деполяризации. Когда деполяризация мембраны нейрона достигает определенного порогового уровня, или вовсе превышает его, то клетка возбуждается, и от неё к аксонам (длинный цилиндрический отросток нейрона) и дендритам (отросток, передающий возбуждение к телу нейрона) распространяется волна электрического сигнала.

1.4.2 Распространение потенциала действия

- Потенциал действия распространяется непрерывно только по **безмиелиновым волокнам** (нервные волокна, представляющие собой полые трубки с наполненным внутри электролитом). Прохождение нейрона (нервный импульс) начинается вместе с распространением электрического поля. Возникший потенциал действия под действием электрического поля способен изменить заряд мембраны соседнего участка в положительную сторону (деполяризовать) до критического уровня. В результате этого, на соседнем участке происходит генерация новых потенциалов, но сам потенциал действия не перемещается, а исчезает там же, где и начался. Таким образом, в возникновении каждого нового потенциала действия, главную роль играет предыдущий.

- По **миелиновым волокнам** – волокна, внутри которых находится аксон, заполненный вязкой внутриклеточной жидкостью, потенциал действия распространяется строго скачкообразно. Для этих волокон характерна концентрация потенциал-зависимых ионных каналов, только там, где расположена область перехвата Ранвье (область сужения волокон). Плотность мембран, миелиновых волокон выше в сотню раз, чем в мембранах безмиелиновых волокон. В области миелиновых муфт, обладающих хорошими изолирующими свойствами, потенциал-зависимых каналов нет, потому, ПД здесь не возникает. В результате того, что концентрация потенциал-зависимых ионных каналов находится только в области перехвата Ранвье, а миелиновые муфты играют роль изолятора – возбуждение происходит скачкообразно. В таких условиях потенциал действия, возникающий в одном перехвате Ранвье за счет эл. поля деполяризует мембрану соседних перехватов, провоцируя возникновение нового потенциала действия, и распространение происходит скачкообразно. В случае, когда один перехват Ранвье поврежден, ПД возбуждает последующий, вплоть до пятого перехвата, так как электроизоляция, создаваемая миелиновыми муфтами, ослабляет рассеивание электрического поля.

1.5 Активные свойства мембраны

Активные мембранные свойства, которые обеспечивают возникновение ПД, основываются прежде всего на поведении потенциал-зависимых натриевых (Na^+) и калиевых (K^+) каналов. Начальная фаза ПД формируется входящим натриевым током, позже открываются калиевые каналы и выходящий K^+ ток – возвращает мембранный потенциал к исходному уровню. Исходную концентрацию ионов затем восстанавливает натрий-калиевый насос.

Глава 2 Выявление оптимального места крепления электродов для регистрации ЭКГ

1.1 Регистрация ЭКГ с запястья двух рук и с плеча руки

В связи с поставленной задачей было необходимо провести эксперимент, целью которого было выявления наиболее оптимального места, куда будут крепиться электроды для регистрации электрокардиограммы. Так как задачей проектируемого устройства будет выявление разного рода аритмий – нам будет достаточно одного отведения. Это место должно быть: легкодоступным, иметь проекцию векторов электродвижущей силы сердца [4]. В качестве мест для выявления эксперимента были выбраны: плечо левой руки и запястья обеих рук. Регистрация электрокардиограммы производилась с помощью макетного образца электрокардиографа «ЭКГ – Экспресс». Обработка результатов эксперимента осуществлялась в программе – MathLab. На рисунке 4 наглядно видно место наложения электродов на запястья рук.

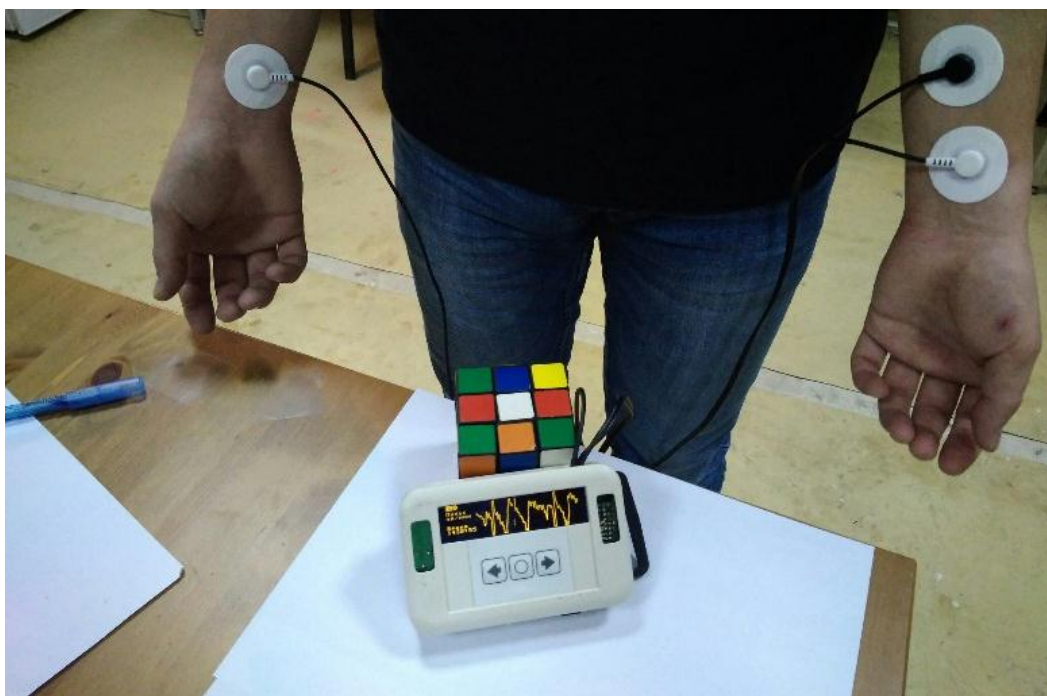


Рисунок 4 – Процесс регистрации ЭКГ с запястья двух рук

На рисунке 5 приведена электрокардиограмма здорового человека. Регистрация проводилась в положении сидя. Руки в расслабленном состоянии.

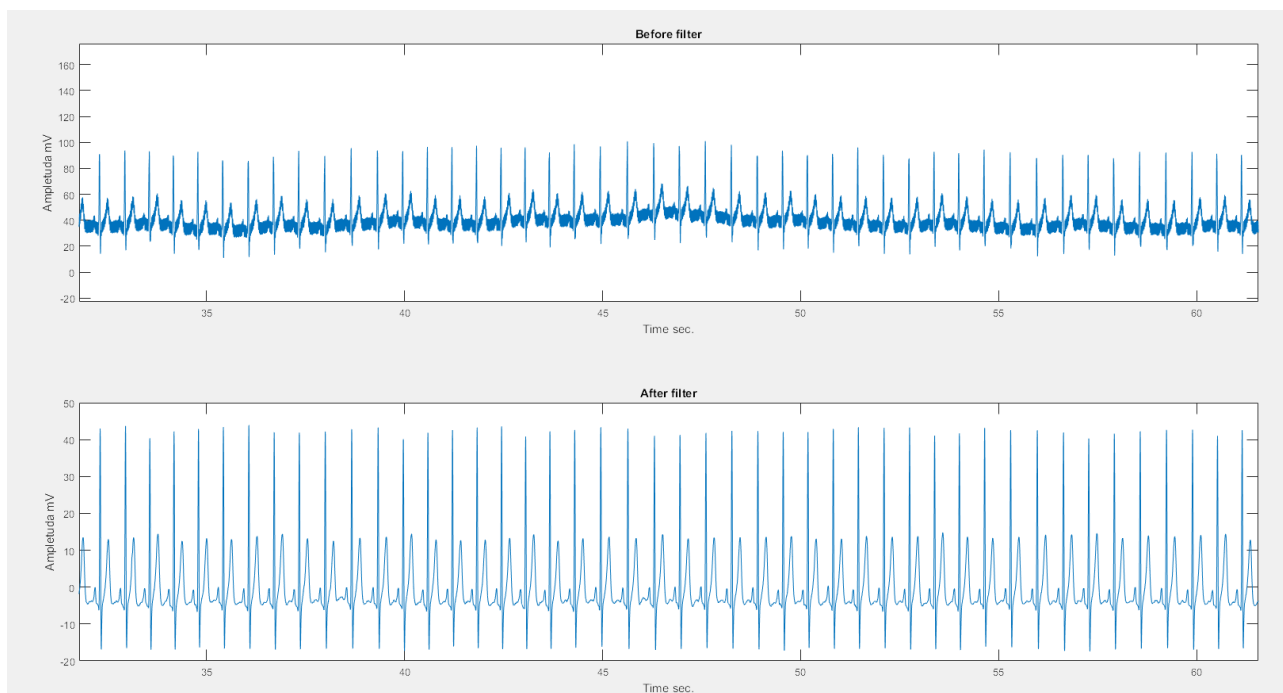


Рисунок 5 – ЭКГ с запястий обеих рук в состоянии покоя

На следующем рисунке 6 отображен момент времени, когда руки из состояния покоя, переходили в движение, а именно поочередное сгибание рук в локте под углом 90° .

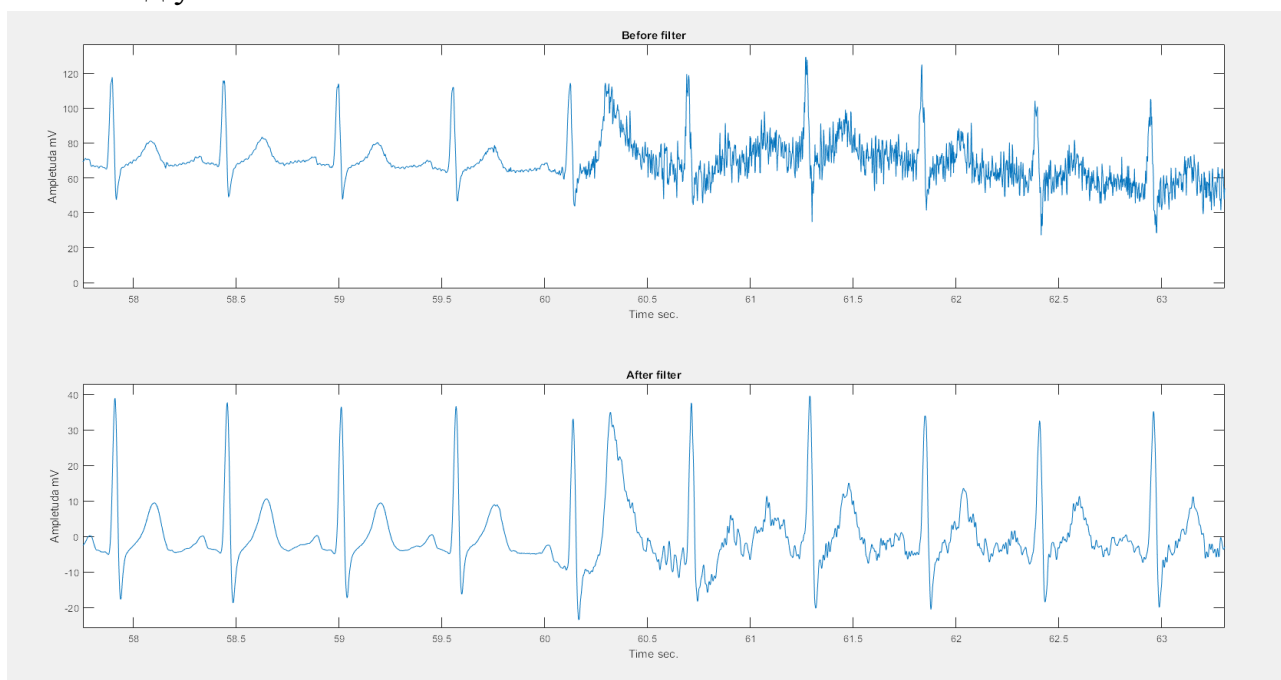


Рисунок 6 – ЭКГ – переход из состояния покоя в движение. Сгибание рук в локте под углом 90 градусов

Из рисунков 5 и 6 можно сказать, что в состоянии покоя, ЭКГ получается максимально информативным, так как полностью виден комплекс QRS и все характерные зубцы ЭКГ. При переходе из состояния покоя в движение рук – наблюдаются зашумленность ЭКГ, но после цифровой фильтрации остаются лишь небольшие выпадения, составляющие единицы микровольт. Для наилучшего результата требуется цифровой фильтр миографических помех, либо можно усреднить сигнал, тем самым сгладить выпадения. QRS комплекс также отчетливо выражен.

Далее проводилась регистрация ЭКГ сигнала с плеча левой руки и одновременной записи сигнала с грудного отведения. Подчеркивая то, что диагностика ЭКГ, представляет собой регистрацию проекции векторов электродвижущей силы по условному треугольнику Эйнтховена, учитывая расположение сердца человека и то, куда проецируется ЭДС III отведения – предположим, что на плече **левой** руки, будет просматриваться ЭКГ. Результат приведен на рисунке 7.



Рисунок 7 – ЭКГ сверху – с груди; снизу – с плеча левой руки

В результате полученных данных, можно сказать, что имея два коррелирующих между собой сигнала (первый, где один электрод накладывается на мышцы бицепса, а другой с противоположной стороны плеча, и второй – электроды расположены в перпендикулярной плоскости по отношению к первому сигналу), то вычитая один из другого, можно получить достоверный сигнал ЭКГ [4]. Так как, на рисунке 6 видно, что периодичность сигналов с груди и с плеча совпадают.

1.2 Регистрация ЭКГ с запястья двух рук с гальванически развязанными каналами

Целью во второй части эксперимента, было выяснить, возможна ли регистрация ЭКГ сигнала с запястья правой и левой рук, не имея общей привязки. Почему возникает такой вопрос? Потому, что классическая регистрация ЭКГ с биполярным отведением проводится минимум с одним отведением, где используются два сигнальных электрода и один электрод – земля [5]. В нашем же случае, нас интересует отдельная регистрация сигнала ЭКГ с каждой руки и дальнейшая его передача на блок обработки и суммирования сигналов. Схема эксперимента отображена на рисунке 8

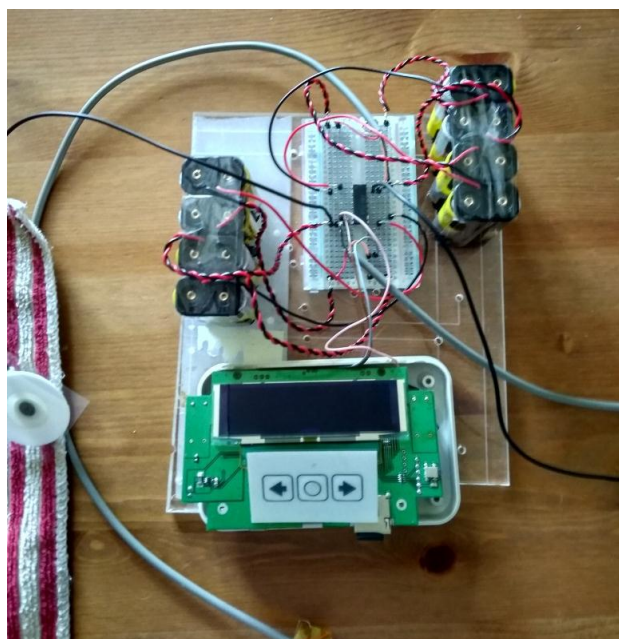


Рисунок 8 – Макетный образец прибора

Регистрация проводилась с помощью макетного образца портативного кардиографа, о котором уже упоминалось выше. В данном эксперименте в аналоговую схему эксперимента был включен изолирующий усилитель, для имитации передачи сигнала по радиоканалу и вместо обычных медицинских хлорсеребряных электродов применялись емкостные сенсоры фирмы Eric semiconductors, внутри которых предусмотрен усилитель с $K_u=10$. Питание обеспечивалось батарейками типа АА.

На рисунке 9 представлен результат описанного выше эксперимента.

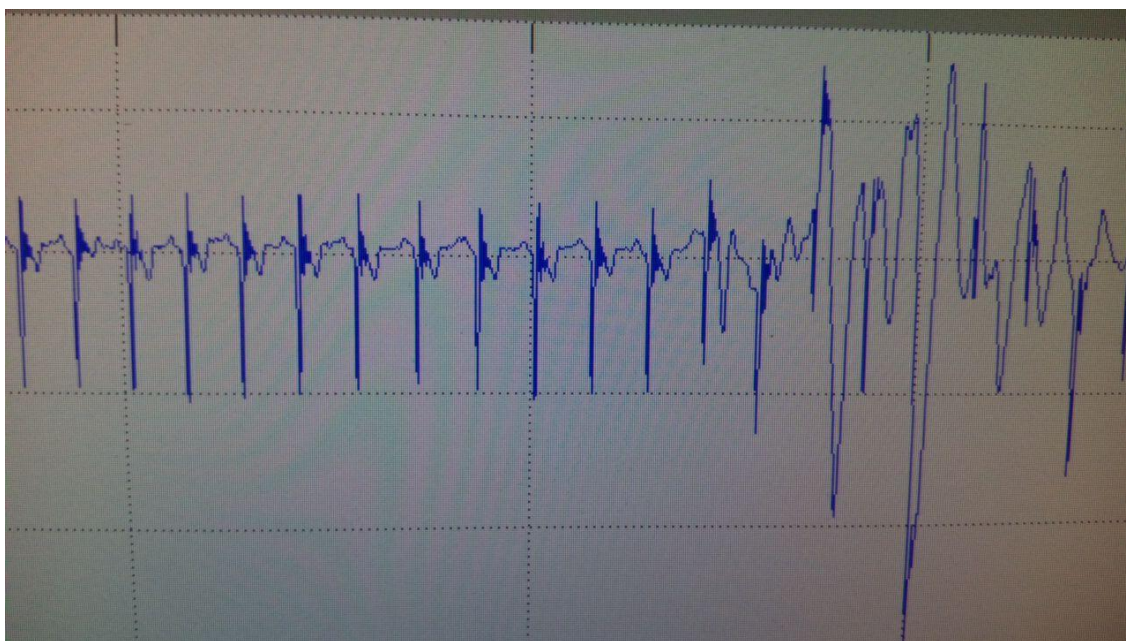


Рисунок 9 – ЭКГ, зарегистрированная в поставленном эксперименте

ЭКГ инвертирована, характерные для ЭКГ зубцы присутствуют, при правильной развертке – QRS комплекс будет отчетливо виден. Главной проблемой остаётся вопрос о креплении электродов (GND) - «земля». В данном эксперименте, заземляющие электроды крепились далеко от запястий на задней части туловища в районе лопатки.

Глава 3 Разработка конструкции макетного образца

Проектируемое устройство предназначено для диагностики ЭКГ. Эксперимент показал, что реализация данного устройства возможна, и местом для наложения электродов будет плечо левой руки.

1.1 Требования, предъявляемые к конструкции макетного образца устройства

Так как проектируемое устройство предполагает крепление на плече, его корпус должен обладать анатомической формой, причём размеры должны меняться, в зависимости от строения человека. Решением стало проектирование манжеты и корпуса. Крышка корпуса должна иметь отверстия под кнопки, и вырез для экрана.

Масса: не более 0.3 кг

Габаритные размеры (Д x Ш x В): 100x70x20

Материал манжеты: медицинская силиконовая резина

Материал корпуса: АБС пластик

1.2 Разработка печатной платы

Проектирование платы начинается с разработки схемы электрической принципиальной. В классике, схемы для регистрации ЭКГ включают в себя: усилитель, аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер и устройство вывода. На рисунке 10 приведена структурная схема.

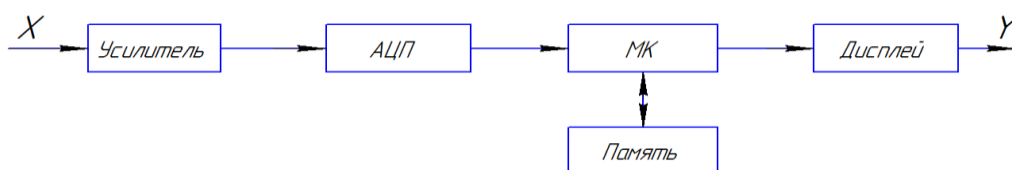


Рисунок 10 – Структурная схема прибора

На рисунке 11 изображена схема электрическая принципиальная. На этом этапе определяются все необходимые электронные компоненты и устанавливаются связи между ними.

Разработка схемы электрической принципиальной осуществлялась в программной среде – DipTrace schematic.

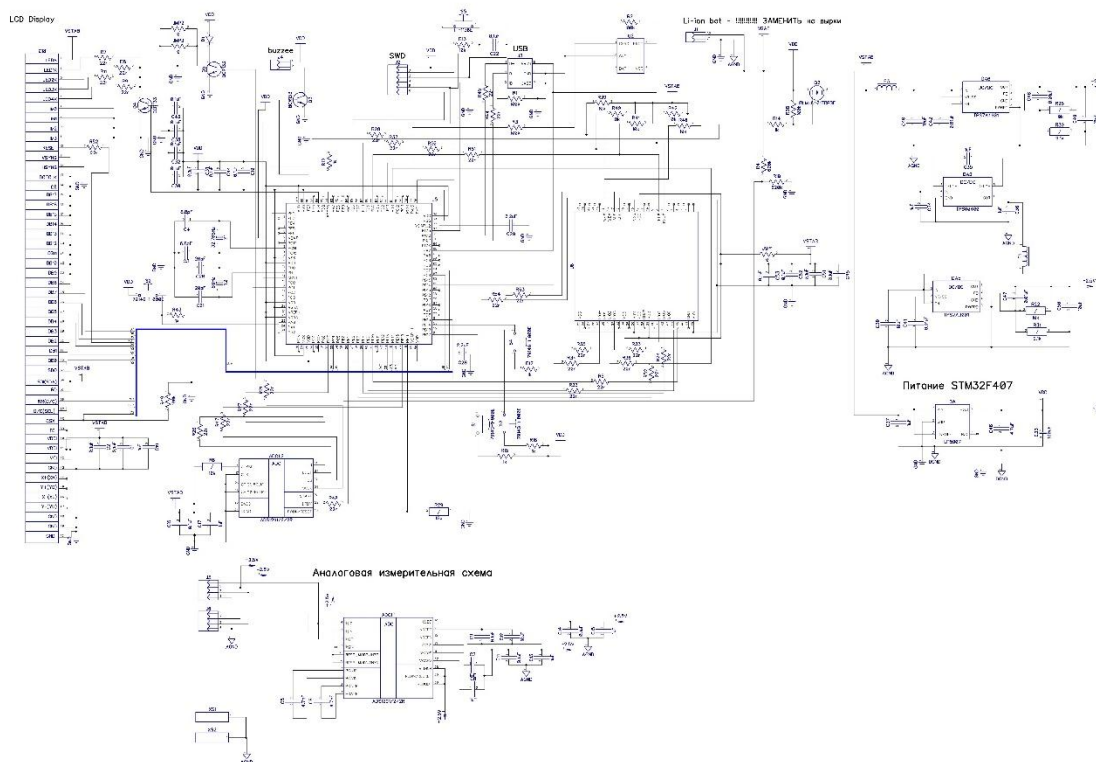


Рисунок 11 – Схема электрическая принципиальная

В проектируемой схеме, АЦП выполняет функцию преобразования (квантование, дискретизация) аналогового сигнала в цифровой код, для дальнейшей его обработки микроконтроллером. Выбранный АЦП, фирмы Analog devices – ADS1292 имеет в себе встроенный усилитель. Поэтому, сигнал, регистрируемый с помощью электродов сначала усиливается до нужного уровня, а потом преобразовывается в цифровой вид. Микроконтроллер STM32F407, служит для обработки данных, выявления кратких параметров ЭКГ и передачи информации на дисплей. Третьим важным компонентом в проектируемой схеме является модуль памяти MT29F2G08ABAEAWP, который уместает внутри себя

2Gb памяти. Предназначен для хранения информации, без использования внешних карт памяти.

После разработки принципиальной схемы, приступаем к трассированию платы. Проектирование печатной платы прибора осуществлялось в программной среде – DipTrace Layout. Корпус и манжета в программной среде – T-Flex.

Компоненты располагаем на двух сторонах печатной платы, тем самым уменьшая площадь платы. Процесс трассировки представлен на рисунках 12 и 13.

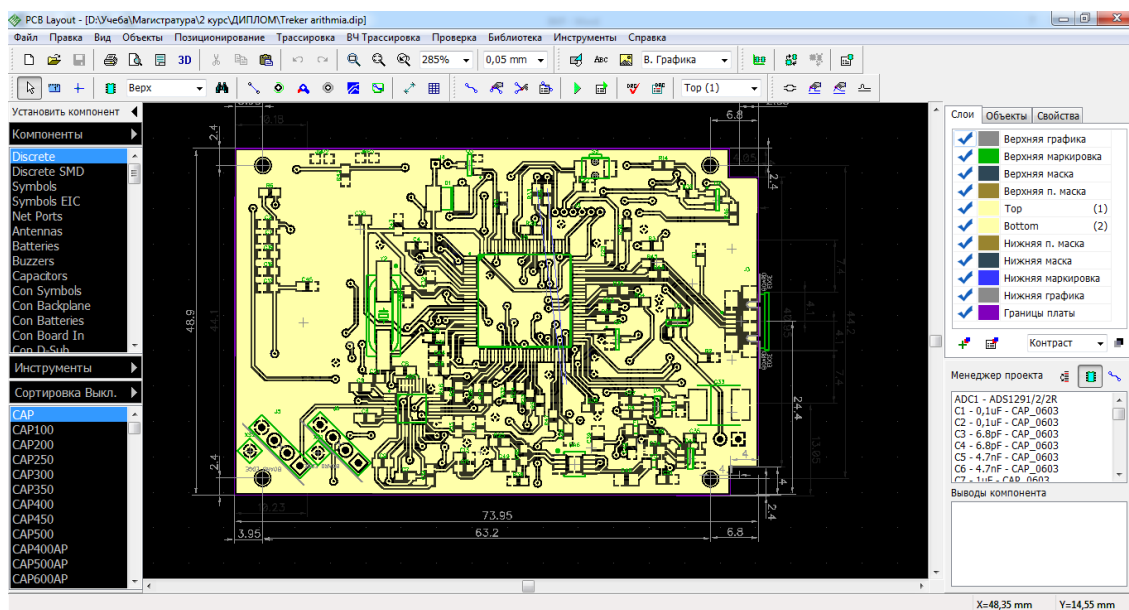


Рисунок 12 – Трассировка печатной платы. Нижняя сторона

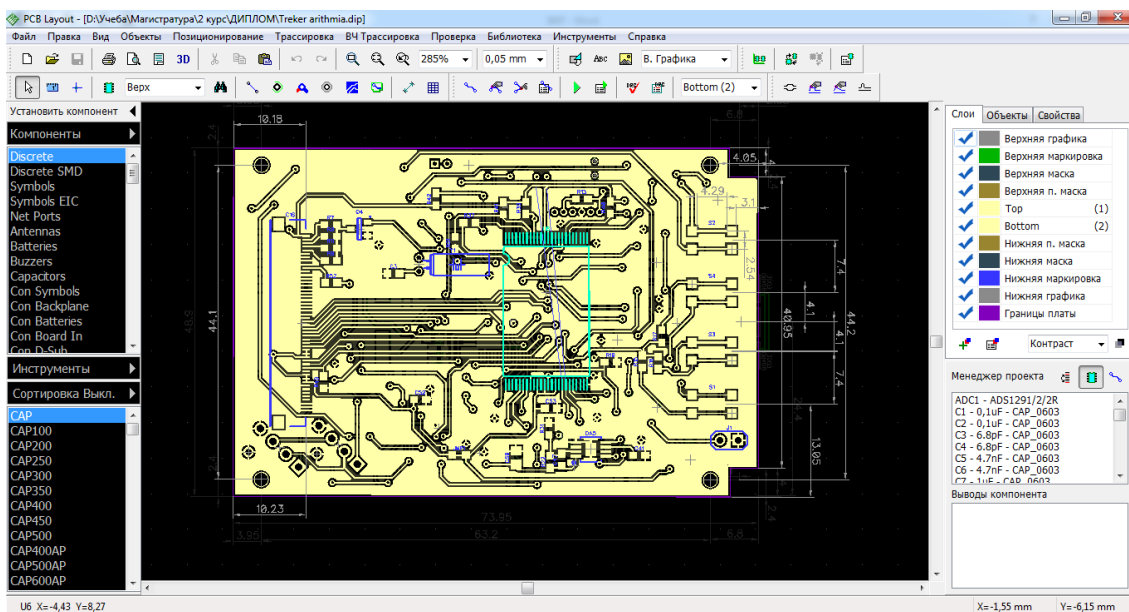


Рисунок 13 – Трассировка печатной платы. Верхняя сторона

На рисунках 14 и 15 отображена визуализация проектируемой печатной платы. Благодаря визуализации, можно без каких-либо усилий выяснить требуемые размеры корпуса.

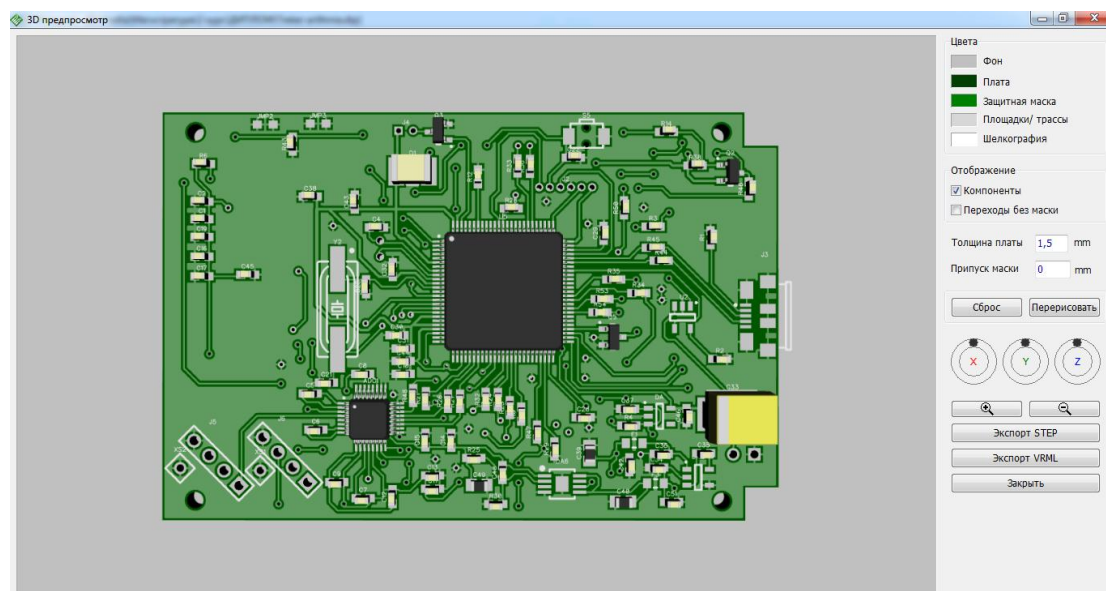


Рисунок 14 – 3D визуализация проектируемой печатной платы. Нижняя сторона

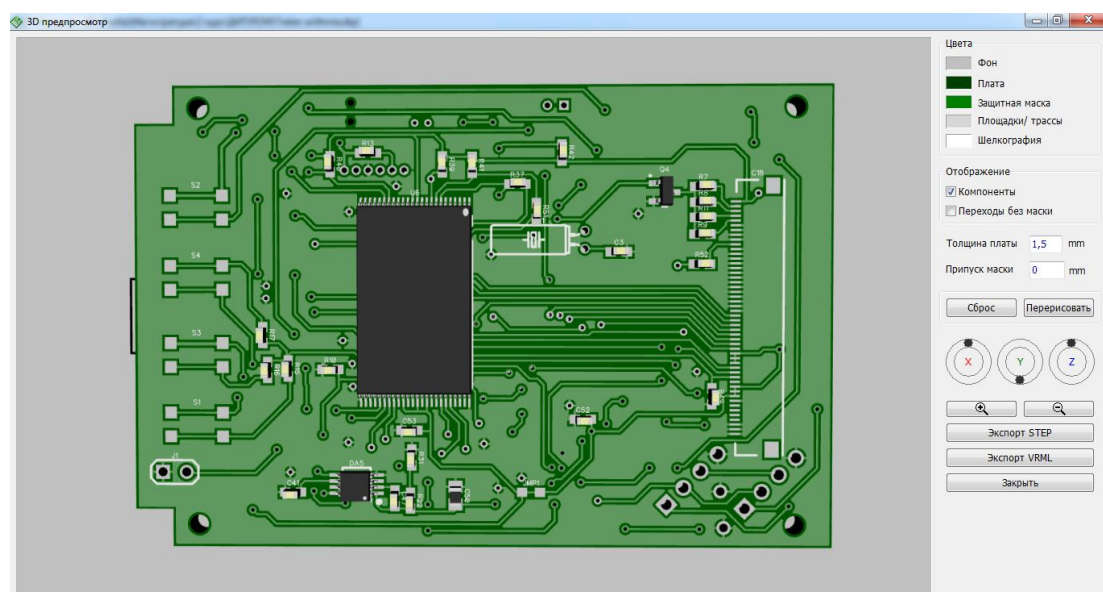


Рисунок 15 – 3D визуализация проектируемой печатной платы. Верхняя сторона

1.3 Проектирование корпуса

Основными преимуществами медицинского силикона являются: эластичность, долговечность, термоустойчивость (способность сохранять свои характеристики при экстремально высоких и низких температурах), биоинертность (отсутствие токсичных воздействий на биологические ткани), диэлектрические свойства и экологичность. Длина ремешка манжеты составляет 242 миллиметра. Такая длина взята в пределах среднего размера радиуса бицепса – примерно 37.5 мм. Фиксация и регулировка длины ремешка предусмотрена в четырех местах. Но так как каждый человек индивидуален по своему строению, а значит и размеры бицепса отличаются, то возможно, несколько исполнений манжет с разной максимальной длиной ремешка. На рисунке 16 представлен общий вид проектируемого прибора, а ниже, на рисунках 17 и 18 – представлены посадочные размеры под корпус и внешний вид корпуса. Сборочный чертеж представлен в приложении Б.

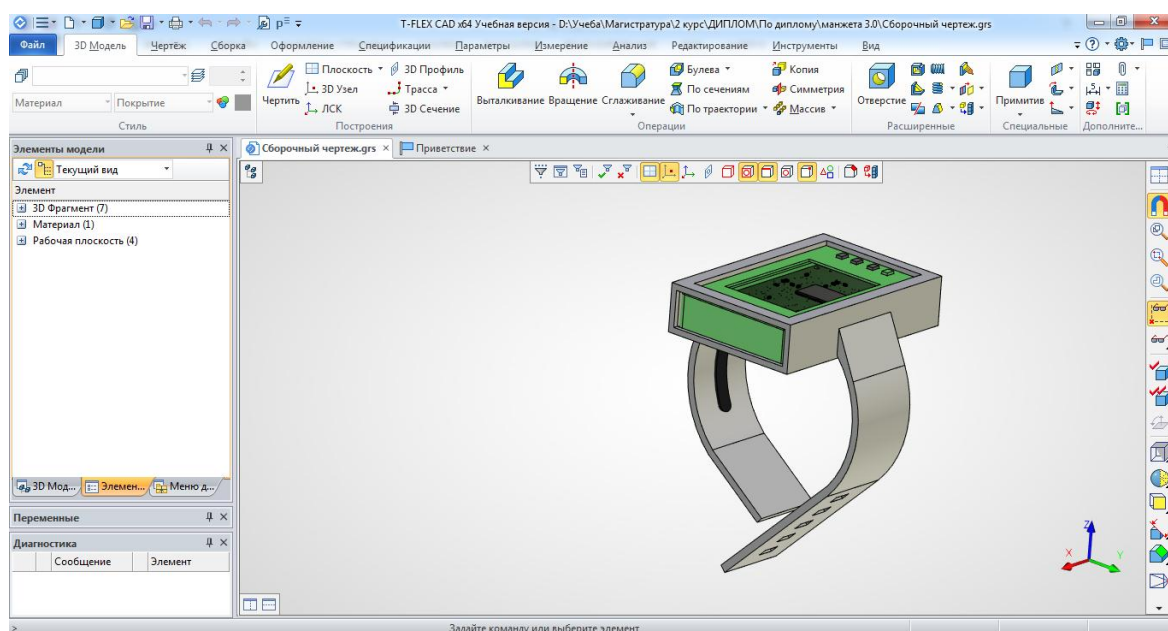


Рисунок 16 – Общий вид прибора

Так как материалом, из которого будет изготавливаться манжета – силикон, а этот материал является очень эластичным, внутренние размеры под корпус будут такими же, как и габаритные размеры самого корпуса.

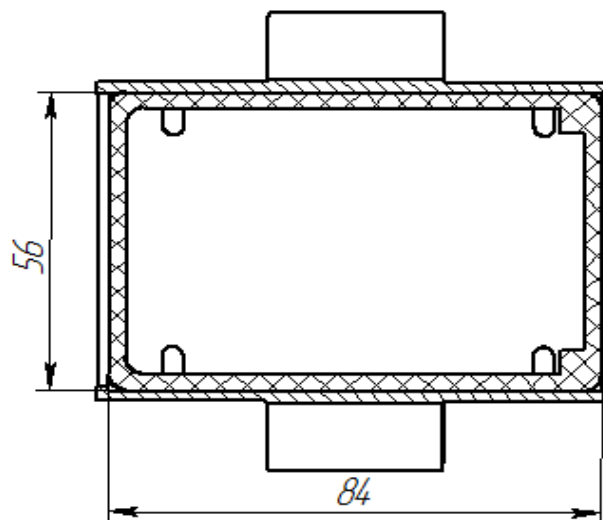


Рисунок 17 – размеры под корпус

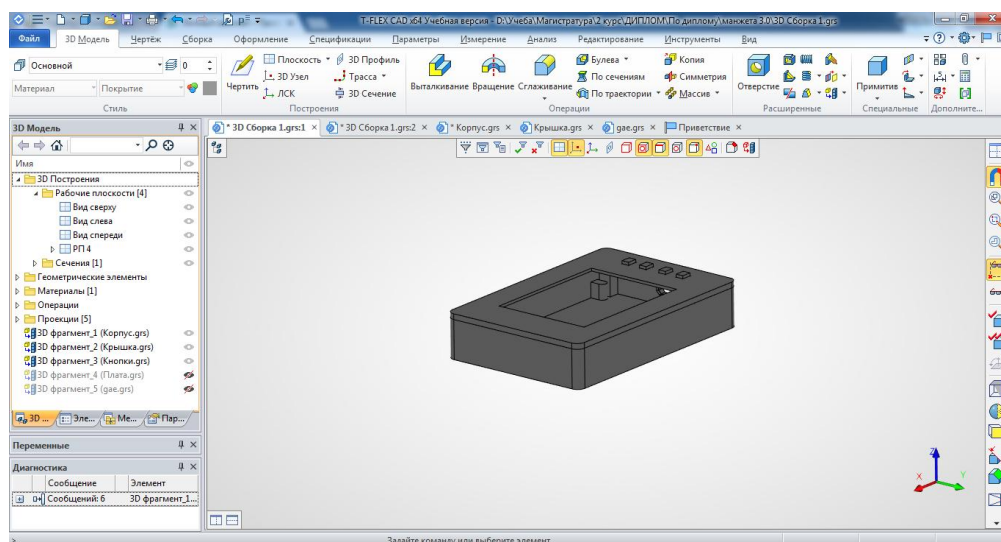


Рисунок 18 – Внешний вид корпуса

Все необходимые чертежи представлены в приложениях с А по К.

Приложение А – Спецификация ФЮРА.941311.000 СП

Приложение Б – Сборочный чертеж ФЮРА.941311.010 СБ

Приложение В – Сборочный узел корпус ФЮРА.941311.011 СБ

Приложение Г – Сборочный узел манжеты ФЮРА.941311.012 СБ

Приложение Д – Сборочный чертеж печатного узла ФЮРА.941311.013 СБ

Приложение Е – Спецификация на плату ФЮРА.941311.000

Приложение Ж – Перечень элементов ФЮРА.941311.300

Приложение З – Рабочий чертеж печатной платы ФЮРА.941311.200 ПП

Глава 4 Оценка технологичности и надежности печатного узла

Технологичность – это совокупность важных свойств проектируемого изделия, которая обеспечивает минимум трудоёмкости и себестоимости в процессе изготовления, ремонта, технического обслуживания и утилизации. Достижение требований технологичности в конструкции выполняется, когда выбраны верные параметры деталей (материал, обработка, размеры и т.д.) формы и взаимного расположения элементов и их поверхностей.

4.1 Служебное назначение прибора

Современные портативные приборы для диагностики активности сердца (электрокардиографы), позволяют при первой же необходимости оценить состояние сердца, а также значительно облегчают жизнь тем, что не приходится сидеть в очереди в больнице, для оценки ЭКГ своего сердца. Проектируемое устройство предназначено для диагностики ЭКГ, грубо говоря – в домашних условиях, и в течении длительного времени. Отталкиваясь от поставленных экспериментов, было решено спроектировать конструкцию макетного образца, в виде манжеты, которая крепится на плечо левой руки. Манжета подразумевает собой ремешок, который будет фиксироваться на плече, а внутри нее будет располагаться корпус прибора с электронной начинкой (электрическая плата с компонентами ЭРИ, аккумулятор и экран).

4.2 Конструирование макетного образца прибора

На основе полученных чертежей оформляется необходимая рабочая конструкторская документация согласно ЕСКД: принципиальная электрическая схема, перечень элементов, чертеж детали печатной платы, сборочный чертеж, спецификация. Вся необходимая документация представлена в приложениях (А-З).

4.2.1 Разработка конструкции печатной платы

При трассировке печатной платы, основное внимание нужно обращать на размеры отверстий и минимальные размеры ширины проводников. При трассировке данной печатной платы учитывались технические возможности изготовления печатных плат поставщика: ООО "МАЖтранс".

Учитывались следующие требования:

Наименьшее металлизированное отверстие (для толщины платы 1,5) – 1.5 мм. Минимальное расстояние края отверстия до края платы 0,5 мм. Минимальная ширина проводника при толщине фольги 18 мкм: 0,3 мм. Минимальный зазор между проводниками и площадками при толщине фольги 18 мкм: 0,2 мм. Паяльная маска: сухая пленочная. Материал основания плат – стеклотекстолит (FR4 Стеклотекстолит 2-сторонний, фольгированный).

4.2.2 Оценка сборочной единицы на технологичность

Технологичность конструкции оценивается количественными характеристиками, называемыми показателями технологичности. Расчетные показатели технологичности сравнивают с базовыми показателями технологичности. Конструкция считается технологичной, если значения показателей технологичности соответствуют или превосходят значения базовых показателей. Для опытной партии электронных блоков $K_n = 0.4-0.7$.

1. Коэффициент использования интегральных микросхем:

$$K_{испИМС} = \frac{H_{ИМС}}{H_{ИМС} + H_{ЭРЭ}} = 15 / (15 + 84) = 0.15, (1)$$

где $H_{ИМС}$ – число интегральных микросхем,

$H_{ЭРЭ}$ – общее число компонентов.

2. Коэффициент монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным и механизированным способом:

$$K_{a.m.}=H_{a.m.}/H_m=45/57=0,78 \quad (2)$$

3. Коэффициент ЭРЭ, подготовка и монтаж которых, осуществлялся механизированным способом:

$$K_{мпЭРЭ}=H_{мпЭРЭ}/H_{ЭРЭ}=45/45=1 \quad (3)$$

4. Коэффициент операций контроля и настройки осуществляемых автоматизированным и механизированным способом:

$$K_{м.к.н.}=H_{м.к.н.}/H_{ЭРЭ}=0 \quad (4)$$

5. Коэффициент монтажа типоразмеров:

$$K_{повЭРЭ}=1-H_{т.ор.ЭРЭ}/H_{ЭРЭ}=1-0,07=0,93 \quad (5)$$

6. Коэффициент монтажа оригинальных типоразмеров:

$$K_{повЭРЭ}=1-H_{т.ор.ЭРЭ}/H_{тЭРЭ}=1-0=1$$

7. Коэффициент:

$$K_{ф}=D_{пр}/D=1/1=1 \quad (7)$$

Технологичность изделия оценивается комплексным показателем технологичности, определяемым на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (8)$$

где K_i – расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков;

φ_i – коэффициент весовой значимости показателя;

i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности;

n – число базовых показателей, определяемых на данной стадии разработки изделия.

$$K = \frac{1 \times 0,78 + 1 \times 1 + 0 \times 0,75 + 0 \times 0,5 + 0,93 \times 0,31 + 1 \times 0,187 + 1 \times 0,11}{0,15 + 0 + 0 + 0 + 0,93 + 1 + 1} = \frac{2,53}{4,71} = 0,53$$

Уровень технологичности разрабатываемого изделия при известном нормативном комплексном показателе согласно ГОСТ 14.202-73, оценивают отношением достигнутого комплексного показателя к нормативному K_n . Это отношение должно удовлетворять условию $\frac{K}{K_n} \geq 1$. Для электронных блоков:

$$K_n=0,53$$

$$\frac{0.53}{0.4} = 1.34$$

$$1.34 \geq 1$$

Т.е. условие технологичности выполняется для опытной партии

4.2.1 Расчет надежности прибора

Требования к надежности разрабатываемого изделия задаются в техническом задании на разработку. На ранних стадиях разработки изделия составляются план обеспечения надежности, который на последующих стадиях разработки детализируется и уточняется. Одним из элементов этого плана является расчет надежности проектируемого изделия. Первые расчеты делают на ранних стадиях разработки, а с уточнением сведений об изделии уточняются и расчеты надежности. Существующие методы расчета надежности позволяют получить расчетным путем количественной характеристики надежности разрабатываемого изделия и сопоставить эти характеристики с заданными в техническом задании. Все расчеты надежности в основном сводятся к определению вероятности безотказной работы $P(t)$ и средней наработке до первого отказа $T_{ср}$ по известным интенсивностям отказов элементов схемы. В зависимости от полноты учета факторов, влияющих на работу изделия и его надежность, последовательно проводят три расчета надежности: прикидочный, ориентировочный и окончательный.

Прикидочный расчет позволяет судить о принципиальной возможности обеспечения требуемой надежности изделия. Этот расчет используется при проверке требований по надежности, выдвинутых заказчиком в техническом

задании, при сравнительной оценке надежности отдельных вариантов выполнения изделия на ранних стадиях разработки. При прикидочном расчете делается допущение, что все элементы схемы равнонадежны, так как принципиальные электрические схемы на изделие и его составные части окончательно не разработаны. Соединения элементов с точки зрения надежности таково, что выход из строя любого элемента приводит к отказу всего изделия. Интенсивность отказов элементов берутся для периода нормальной работы, т.е. $\lambda_i(t) = \text{const}$. Тогда:

$$\Lambda = \lambda_i \cdot N \quad (9)$$

где λ_i - средняя интенсивность отказов равнонадежных элементов схемы;

N – общее количество элементов.

Ориентировочный расчет проводится тогда, когда на изделие и все его составные части разработаны электрические принципиальные схемы. При ориентировочном расчете учитывается влияния на надежность изделия количества и типов применяемых в схемах элементов. При расчете делаются следующие допущения: все элементы схемы работают в нормальном режиме, предусмотренном техническими условиями на эти элементы; все элементы изделия работают одновременно; интенсивности отказов элементов берутся для периода нормальной работы, т.е. $\lambda_i(t) = \text{const}$. Интенсивности отказов элементов каждого типа берутся по соответствующим таблицам из справочников по надежности. Таким образом, ориентировочный расчет надежности позволяет определить рациональный состав элементов в изделии и наметить пути повышения надежности.

Окончательный расчет проводится на этапе технического проектирования и учитывает влияние на характеристики надежности режимов работы элементов в схеме и конкретные условия эксплуатации изделия. В общем случае интенсивности отказов элементов зависят от электрического режима работы элемента в схеме, температуры окружающей среды, механических

воздействий в виде вибраций и ударов, влажности воздуха, давления, радиации и ряда других возможных факторов.

Расчет надежности.

Таблица 5 - Интенсивность отказов по типам элементов

Элемент	Обозначение	Номинальная интенсивность отказа $\lambda_0 \cdot 10^{-6}$, 1/ч	Количество, шт
Резисторы: RES0805	λ_0 R1	0,087	26
Конденсаторы: CAP0805	λ_0 C1	0,04	45
Микросхемы	λ_0 ИМС	0,013	15
Печатная плата	λ_0 ПП	0,7	1
Паяльное соединение	λ_0 ОМ	0,01	300

Расчет интенсивности отказов

Микросхемы.

$$\lambda_0 = 0,013 \cdot 10^{-6} \cdot 15 = 0,195 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Конденсаторы.

$$\lambda_0 = 0,04 \cdot 10^{-6} \cdot 45 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Резисторы.

$$\lambda_0 = 0,087 \cdot 10^{-6} \cdot 26 = 2,26 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Плата.

$$\lambda_0 = 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Пайка.

$$\lambda_0 = 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 300 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Интенсивность отказа системы:

$$\lambda = \sum \lambda_0 = 0,195 \cdot 10^{-6} + 1,8 \cdot 10^{-6} + 2,26 \cdot 10^{-6} + 0,7 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} = 7,955 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Среднее время наработки на отказ:

$$T_{\text{ср.расч.}} = 1 / \lambda = 1 / 7,955 = 125\,707 \text{ ч;}$$

$$T_{\text{ср.расч.}} > T_{\text{ср.}}$$

Среднее время наработки на отказ у персональных кардиографов составляет 5 лет (43800 ч). Следовательно, кардиограф удовлетворяет требованиям.

4.3 Технологический процесс монтажа печатного узла

Перед монтажом печатного узла нужно закупить все необходимые средства и ЭРЭ. Подробная инструкция по монтажу печатного узла показана в Приложении 3.

4.4 Технологический процесс общей сборки прибора

При сборке прибора в первую очередь нужно подготовить корпус прибора.

В первую очередь в корпус прибора помещается аккумулятор. Далее, устанавливается печатная плата с припаянными заранее ЭРИ и прикручивается винтами в четырех местах. После этого, в крышку корпуса вставляется дисплей и кнопки. С помощью шлейфа обмена данными, дисплей подсоединяется к печатной плате, крышка закрывается и прикручивается снизу двумя винтами. В последнюю очередь корпус прибора вставляется в силиконовую манжету.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Дементьеву Денису Олеговичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

2. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; опрос, наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей, задач, результатов и требований к результатам проекта.
2. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости выполнения работ, расчет бюджета научно - технического исследования.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности проекта.
2. Альтернативы проведения НИ	Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
3. График проведения и бюджет НИ	
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков А.Г.	К.И.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Дементьев Денис Олегович		

Глава 6. Планирование научно-исследовательских работ.

6.1. Структура работ в рамках научного исследования.

В данном разделе были составлены перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Составление сравнительной таблицы	
Практические исследования	8	Проведение экспериментов	Научный руководитель, студент
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Заключение	Научный руководитель, студент

6.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot t_{\text{mini}} + 2 \cdot t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

где: $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где: T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта—горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} — продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} — продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ — коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где: $T_{\text{кал}}$ — количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2016 год, количество календарных 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных 119 дней (количество предпраздничных дней — 15, количество выходных дней — 104), таким образом: $k_{\text{кал}} = 1,48$.

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 7.

После заполнения таблицы 7 строим календарный план-график (табл. 8). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 2 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполни- тели	Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях				
	t _{min} , чел-дни			t _{max} , чел-дни			t _{ожи} , чел-дни				T _{pi}			T _{ki}				
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		
Составление и утверждение темы ВКР	1	2	2	3	5	5	2	3	3	Науч. рук.			1	2	2	1	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	2	2	2	1	2	2	Студ. и науч. рук.			1	1	1	1	1	1
Постановка задач	1	1	1	3	2	2	2	2	2	Студент			2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков написания ВКР	2	1	2	5	2	4	3	2	3	Студ. и науч. рук.			2	1	2	3	1	3
Подбор литературы по тематике работы	4	6	7	6	8	10	5	7	8	Студент			5	7	8	7	10	12
Сбор материалов и анализ существующих методов	7	14	14	9	17	17	8	15	15	Студент			8	15	15	12	22	22
Выбор оптимального метода	3	7	7	5	9	9	4	8	8	Студ. и науч. рук.			4	8	8	6	12	12
Проведение экспериментов по выбранному методу	10	5	5	15	7	7	12	6	6	Студ. и науч. рук.			6	3	3	9	4	4
Оценка и анализ полученных результатов	3	2	3	6	4	3	4	2	3	Студ. и науч. рук.			2	1	2	3	1	3
Работа над выводами по проекту	5	1	2	8	3	4	6	2	3	Студ. и науч. рук.			3	1	2	4	1	3
Итого																49	58	66

Таблица 3 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ рабо т	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.		март			апрель			май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель	3	■											
2	Анализ актуальности темы	Студент и научный руководитель	1		■										
3	Постановка задач	Студент	3			■									
4	Определение стадий, этапов и сроков написания ВКР	Студент, научный руководитель	3				■								
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	12				■								
6	Сбор материалов и анализ существующих методов	Студент	22					■							
7	Выбор оптимального метода	Студент и научный руководитель	12							■					
8	Проведение экспериментов по выбранному методу	Студент и научный руководитель	4								■				
9	Оценка и анализ полученных результатов	Студент и научный руководитель	3									■			
10	Работа над выводами по проекту	Студент, научный руководитель	3										■		

■ – студент; ▨ – научный руководитель.

6.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{м}} = (1 + k_{\text{т}}) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расхи}}, \quad (5)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расхи}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ м^2 и т.д.);

$k_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 4 – Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, ($Z_{\text{м}}$), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	299
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Флэшка USB	(Гб)	8	16	8	65	110	68	598	2024	625,6
Одноразовые электроды	шт.	6	6	6	20	19	18	138	131,1	124,2
Итого								2656,5	3960,6	2624,3

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 5 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/ п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования,			Общая стоимость оборудования,		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
3	Одноразовые электроды	6	6	6	20	19	18	138	131,1	124,2
5	Ноутбук с программным обеспечением	1	1	1	47	47	47	54,05	54,05	54,05
Итого								192,05	185,15	178,25

6.4.1 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо- емкость, чел.- дн.			Заработная плата, прихо- дящаяся на один чел.-дн., руб.			Всего зара- ботная плата по тарифу (окладам), руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы ВКР	Науч. рук.	2	3	3	1374,7			2749,4	4124,1	4124,1
2.	Анализ актуальности темы	Студ. и науч. рук.	1	2	2	1786,9			1786,9	3573,8	3573,8
3.	Постановка задач	Студент	2	2	2	412,2			824,4	824,4	824,4
4.	Определение стадий, этапов и сроков написания	Студ. и науч. рук.	3	2	3	1786,9			5360,7	3573,8	5360,7
5.	Подбор литературы по тематике работы	Студент	5	7	8	412,2			2061	2885,4	3297,6
6.	Сбор материалов и анализ	Студент	8	15	15	412,2			3297,6	6183	6183
7.	Выбор оптимального метода	Студ. и науч. рук.	4	8	8	1786,9			7147,6	14295,2	14295,2
8.	Проведение экспериментов по выбранному	Студ. и науч. рук.	6	6	6	1786,9			10721,4	10721,4	10721,4
9.	Оценка и анализ полученных результатов	Студ. и науч. рук.	4	2	3	1786,9			7147,6	3573,8	5360,7
10.	Анализ результатов, заключение	Студ. и науч. рук.	6	2	3	1786,9			10721,4	3573,8	5360,7
11.	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации,	Студент	9	9	9	412,2			3709,8	3709,8	3709,8
Итого			56	58	62	13744,9			55527,8	57038,5	62811,4

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (ассистента, преподавателя) равна примерно 23264.86 рублей, а студента 6976.22 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} \quad (8)$$

где : $K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 7 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительн ой заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	22864,4	23486,4	25863,5	0,12	2743,7	2818,4	3103,6
Студент	32663,4	33552	36947,9		3919,6	4026,2	4433,7
Итого					6663,3	6844,6	7537,3

6.4.2 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (9)$$

где: $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	22864,4	23486,4	25863,5	2743,7	2818,4	3103,6
Студент-дипломник	32663,4	33552	36947,9	3919,6	4026,2	4433,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	62191,1 руб.					
Исполнение 2	63883,1 руб.					
Исполнение 3	70348,7 руб.					

Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (10)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

6.4.3 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НТИ	2656,5	3960,6	2624,3	Пункт 3.4.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	192,05	185,15	178,25	Пункт 3.4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	55527,8	57038,5	62811,4	Пункт 3.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6663,3	6844,6	7537,3	Пункт 3.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	62191,1	63883,1	70348,7	Пункт 3.4.5
Накладные расходы	20356,9	131911,9	143499,9	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НТИ	147587,6	263823,9	286999,9	Сумма ст. 1- 6

Исходя из данных, приведенных в таблице 9, наиболее бюджетным вариантом является исполнение 1. Самым затратным является исполнение 3.

6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (11)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно – исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{147587,6}{286999,9} = 0,51; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{263823,9}{286999,9} = 0,92;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{286999,9}{286999,9} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (12)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 10).

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	4
3. Ремонтопригодность	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	5	5
5. Надежность	0,15	4	4	2
6. Пусковой период	0,1	5	3	3
7. Материалоемкость	0,15	5	4	4
Итого	1	4,5	3,55	3,55

$$I_{p-исп1} = 5*0,1+4*0,15+5*0,15+4*0,2+4*0,15+5*0,1+5*0,15=4,5$$

$$I_{p-исп1} = 3*0,1+2*0,15+3*0,15+5*0,2+4*0,15+3*0,1+4*0,15=3,55$$

$$I_{p-исп1} = 3*0,1+4*0,15+3*0,15+5*0,2+2*0,15+3*0,1+4*0,15=3,55$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}},$$

$$I_{исп.1}^1 = \frac{4,5}{0,51} = 8,82; \quad I_{исп.1}^2 = \frac{3,55}{0,92} = 3,85; \quad I_{исп.1}^3 = \frac{3,55}{1} = 3,55. \quad (13)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта (см.табл.9) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} \quad (14)$$

Таблица 11 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,51	0,92	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,55	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	8,82	3,85	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,3	0,43	0,40

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группы	ФИО
1БМ6В	Дементьеву Денису Олеговичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Портативное устройство для выявления аритмии сердца.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого	Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • недостаточность освещения • повышенный уровень электромагнитных излучений • повышенная или пониженная температура Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • поражение электрическим током • повышенный уровень статического электричества
2. Экологическая безопасность	Охрана окружающей среды: <ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия объекта на окружающую среду
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Защита в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> • сверхнизкие температуры зимой • пожар (наиболее типичная ЧС)
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> • Специальные правовые нормы трудового законодательства; • Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Анищенко Ю.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Дементьев Денис Олегович		

Глава 7 Производственная безопасность

Введение

В данной выпускной квалификационной работе проектируется и исследуется портативный прибор для выявления аритмий сердца. Проектируемое устройство представляет из себя два браслета, похожих на наручные часы, которые надеваются на запястья обеих рук. Представлены результаты эксперимента по выявлению оптимального места, куда можно крепить электроды, для диагностики электрокардиограммы.

7.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации прибора для выявления аритмий сердца

Проведем анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при постановке экспериментов.

Таблица 12 – Опасные и вредные факторы при постановке практического эксперимента

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение экспериментов диагностики ЭКГ	1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	Электрический ток	1. Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [6]. 2. Параметры освещенности рабочей зоны устанавливаются согласно СП 52.13330.2011 [7]. 3. Допустимые уровни электромагнитных полей регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [8].

Изучим выявленные вредные и опасные факторы и обоснуем мероприятия по защите от действия этих факторов.

Анализ условий труда в лаборатории является одной из основных задач организации рабочего места. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс, и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости работающих.

Удобное и рациональное расположение органов управления позволяет исключить лишние движения. Рабочие места операторов выполняем также с учетом требований технической эстетики:

- планировка рабочего места избавляет работающих от лишних и утомительных трудовых движений, и обеспечивает удобную рабочую позу;
- рабочее место обеспечено инструментами и приспособлениями, необходимыми для работы, а также для личной безопасности; вблизи рабочего места установлены ящики или шкафы для хранения инструмента и личных вещей;
- рабочее место в соответствии с санитарными нормами освещено и провентилировано, постоянно содержится в чистоте; не захламлено, нет хаотичного хранения инструмента и материалов.

7.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Нормы учитывают:

- время года – холодный и переходный (+10 °С и ниже), теплый (+10 °С и выше) периоды;
- категорию работ – легкая, средней тяжести и тяжелая;
- характеристику помещения по тепловому облучению.

Отклонения микроклимата от нормы, могут вызвать:

- повреждения или нарушения состояния здоровья;
- общие и локальные ощущения теплового дискомфорта;
- напряжение механизмов терморегуляции;
- ухудшению самочувствия и понижению работоспособности

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 [9]. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 13 для категории Ia, к ней относятся работы с интенсивностью энерго-затрат до 139 ккал/ч.

Таблица 13 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период Года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с		движения
	Оптимала льная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более	
		Верхняя		Нижняя						
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.					
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1	
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	55	0,1	0,1	

Мероприятие для оптимальных микроклиматов: установка кондиционера воздуха.

7.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В лаборатории производятся работы средней точности IV (минимальная величина различия составляет от 0.5 до 1 мм).

Согласно СП 52.13330.2011 необходимо создать искусственное освещение при системе общего освещения не ниже 200 лк, при системе комбинированного освещения не ниже 400 лк в соответствии с разрядом зрительной работы [7].

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Необходимо предусмотреть на окнах солнцезащитные устройства, например, жалюзи, предотвращающие проникновение прямых солнечных лучей, которые создают на рабочих местах резкие тени.

7.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Длительное воздействие электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам в головном мозге и центральной нервной системе.

Влияние данного фактора на человека может сопровождаться следующим: угнетением и истощением процессов нервной и эндокринной регуляции; сдвигами в обмене веществ, угнетением синтетических процессов; снижением неспецифической резистентности, ослаблением иммунных процессов; снижением адаптации к факторам окружающей среды. Так как используется схемотехника схожая со смартфонами (канал передачи данных Bluetooth), то можно предположить, что диапазон частот радиоволн такой же, как рабочий диапазон частот смартфонов (от 300 МГц до 300 ГГц). Такой диапазон частот является допустимым согласно ГОСТ 12.1.006-84 [10].

Обязательным требованием к помещениям, где размещены рабочие места с персональными компьютерами, является оборудование помещений защитным заземлением. В этих помещениях следует проводить ежедневную влажную уборку и после каждого часа работы на ЭВМ необходимо проводить систематическое проветривание помещения.

Для обеспечения наиболее оптимальной работоспособности, а также сохранения здоровья пользователя, в течение рабочей смены должны быть установлены регламентированные перерывы.

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей указаны в таблице. Они нормируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. [8]

Таблица 14 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Меры по защите от излучения являются следующие:

- уменьшение времени воздействия;
- дистанционное управление излучающими устройствами;
- применение защитного экранирования.

7.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации прибора для выявления аритмий сердца

Лаборатория 316 оборудована рядом устройств, питающихся от электрической сети (частота 50 Гц) таких как: ПЭВМ, осциллограф, генератор

сигналов различной формы, паяльная станция. Поэтому, в процессе использования данного электрооборудования может возникнуть опасность поражения электрическим током.

7.2.1 Опасность поражения электрическим током

Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности:

- перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;
- запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.)
- запрещается эксплуатация оборудования в помещениях с повышенной опасностью;
- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки. Штепсельную вилку включать и выключать из розетки можно только при выключенном устройстве [11].

Существуют следующие способы защиты от поражения током в электроустановках:

- предохранительные устройства;
- защитное заземление;
- применение устройств защитного отключения (УЗО);
- зануление.

Самый распространенный способ защиты от поражения током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения «замыкания электричества на корпус» в «замыкание тока на землю» для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин (выравнивание потенциала) [12].

7.3 Экологическая безопасность

Для рассмотрения характера воздействия проводимого эксперимента на окружающую среду, проведем анализ его «жизненного цикла», который состоит из стадий использования и утилизации.

В результате постановки экспериментов, выбросов вредных веществ в атмосферу не происходит. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и картриджи должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

Для утилизации прибора необходимо сдать его в перерабатывающую компанию. Самым опасным загрязнителем окружающей среды в устройстве является аккумулятор, который необходимо сдать в специальную утилизирующую организацию.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, диверсии и пожары.

Еще одним вероятным чрезвычайным происшествием является пожар. Пожар – это неконтролируемое горение вне специально отведенного очага, наносящее материальный ущерб. В соответствии с положениями ГОСТ 12.1.033-81 [13], термин пожарная безопасность обозначает такое состояние объекта, при котором с определенной вероятностью исключается вероятность возникновения и развития неконтролируемого пламени и воздействия на людей опасных критериев пожара, и обеспечение сохранности материальных ценностей.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Возникновение пожара в лаборатории может быть обусловлено следующими факторами: в современных ПК очень высокая плотность размещения электронных схем. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество тепла, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 100 °С. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение, как следствие – короткое замыкание, сопровождаемое искрением.

Следовательно, для целей обеспечения пожарной безопасности эксплуатация ПК связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ. При этом используются различные смазочные материалы, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладываются временные электропроводки, ведут пайку и чистку отдельных узлов и деталей. Также всегда есть вероятность дополнительной пожарной опасности, которая требует соответствующих мер пожарной профилактики.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемое в данной работе помещение относится в категории В.

Так как основная опасность – неисправность электропроводки, то при пожаре необходимо немедленно обесточить электросеть в помещении. Главный рубильник должен находиться в легкодоступном месте. До момента выключения рубильника, очаг пожара можно тушить сухим песком или углекислотными огнетушителями. Одновременно с этим необходимо сбить пламя, охватившее горючие предметы, расположенные вблизи проводников.

Водой и химическими пенными огнетушителями горящую электропроводку следует тушить только тогда, когда она будет обесточена.

При возникновении пожара обязанности по его устранению должны быть четко распределены между работниками лаборатории.

7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Российской Федерации вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются СанПин 2.2.2\2.2.1340-2003 [8]. При работе инженера-конструктора с персональным компьютером очень важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой,

головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

7.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно СанПин 2.2.2\2.2.1340-2003 при работе на персональном компьютере определяются следующие требования:

1. К работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте.

2. Работник обязан:

- выполнять только ту работу, которая определена его должностной инструкцией.
- содержать в чистоте рабочее место.
- соблюдать меры пожарной безопасности.
- соблюдать режим труда и отдыха в зависимости от продолжительности, вида и категории трудовой деятельности.

Таблица 15 – Время регламентированных перерывов при работе на компьютере

Категория работы	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с компьютером			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часов	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2,0	50	80
II	до 40 000	до 30 000	до 4,0	70	110
III	до 60 000	до 40 000	до 6,0	90	140

7.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место является первичным звеном производства, оно представляет собой определенный участок, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

При работе с электрокардиографом нужно придерживаться рекомендаций представленных в ТУ или Паспорте устройства.

Рабочее место инженера-конструктора должно отвечать требованиям к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей [12].

1. Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

2. Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

3. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

4. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углам наклона вперед до 15 град. и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки 300 +/- 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;

5. Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

6. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. [12]

Создание благоприятных условий труда и правильное оформление рабочих мест, имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены методы и средства диагностики электрической активности сердца человека. Разработан макетный образец прибора. Были проведены эксперименты с помощью макета, заключающиеся в поиске оптимального места наложения электродов на поверхности тела человека для регистрации электрокардиограммы. Проведен анализ полученных данных (электрокардиограмм), и на основе анализа было выбрано место крепления электродов. Спроектировано портативное устройство для регистрации ЭКГ в виде манжеты на плечо.

Список публикаций

1. Дементьев Д.О. «Методы исследования биоэлектрической активности сердца» // VI Всероссийская научно-практической конференция студентов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность».
2. Дементьев Д.О., Лежнина И.А., Уваров А.А. «Портативный браслет-монитор ЭКГ» [Электронный ресурс] // X Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» НТИ-2016
3. Дементьев Д.О., Бояхчан А.А., Солдато В.С. «Портативный браслет-монитор ЭКГ» [Электронный ресурс] // IX Международной студенческой электронной научной конференции «IX Международный студенческий научный форум 2017 г.»
4. Дементьев Д.О., Бояхчан А.А., Уваров А.А. «ЭКГ-экспресс» - портативное устройство для диагностики сердца человека [Электронный ресурс] // сборник трудов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Томск, 25–28 апреля 2017 г. / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск: Изд-во – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2017.
5. Дементьев Д.О., Лежнина И.А., Уваров А.А. «Экг-экспресс» - портативное устройство для быстрой диагностики сердца человека [Электронный ресурс] // XI Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» НТИ -2017

Список литературы

6. Всемирная Организация Здравоохранения // Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень № 317. Март 2013. URL: <http://www.who.int/ru/> (дата обращения 08.02.2018).
7. В.В. Мурашко, А.В. Струтынский Электрокардиография: Учебное пособие. – 5-е издание. – М.: МЕДпресс – информ, 2001. – 312., ил. ISBN 5-901712-09-9
8. Суворов А. В. Клиническая электрокардиография. – Нижний Новгород. Изд-во НМИ, 1993. - 124 с. Илл.
9. Дементьев Д.О., Лежнина И.А., Уваров А.А. "Экг-экспресс" - портативное устройство для быстрой диагностики сердца человека [Электронный ресурс] // XI Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации.
10. Лежнина И. А., Моженина Е. Е. Анализ электрокардиограммы // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы II Научно-практической конференции/ Под ред. А.В. Юрченко, Томск, 5-7 Мая 2011. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 - С. 23-24
11. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
12. СП 52.13330.2011 Параметры освещенности рабочей зоны.
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
14. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху.
15. ГОСТ 12.1.006-84. Нормы уровней напряженности электрических полей.
16. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

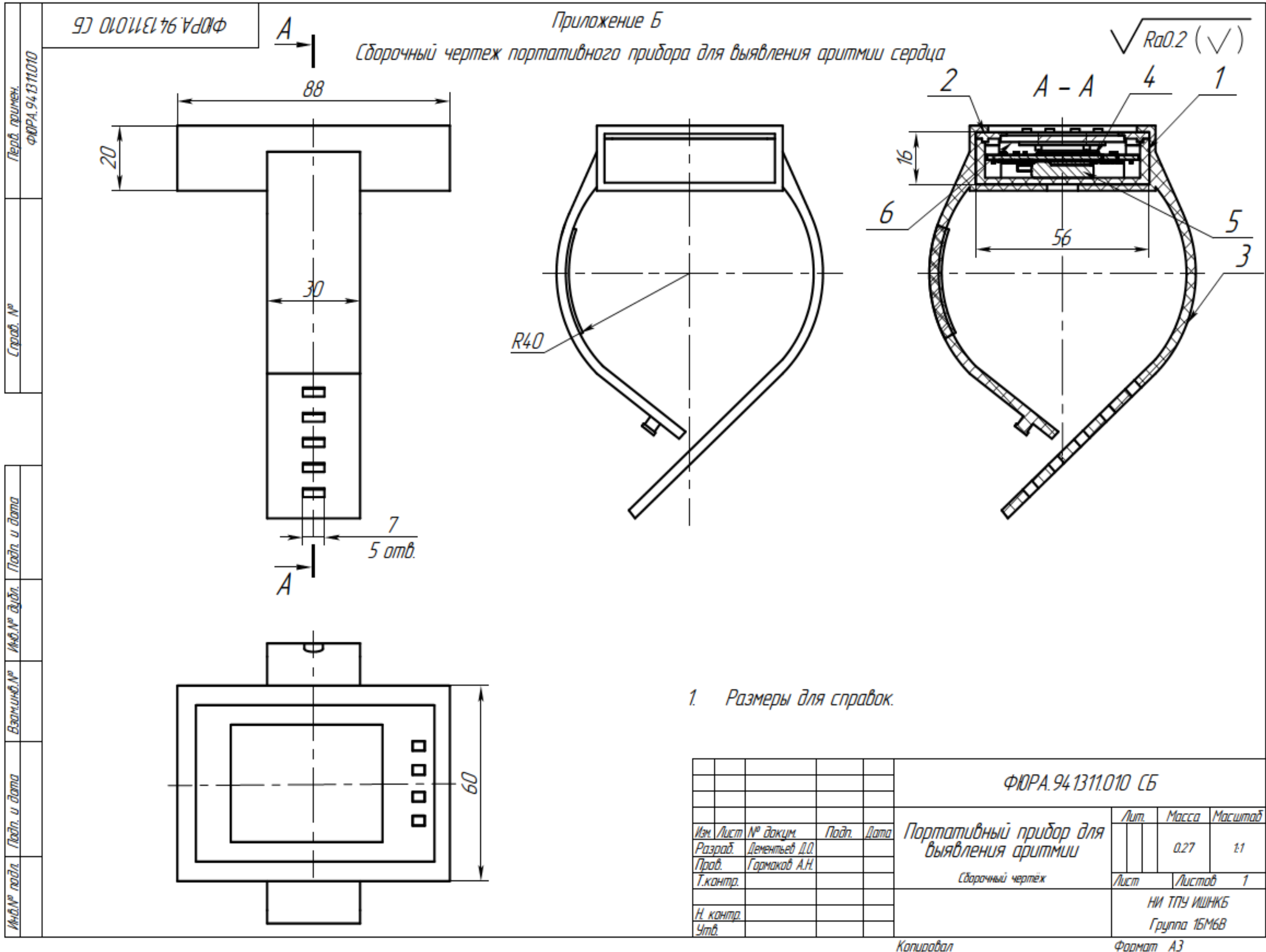
17. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергия, 1981. – 590 с.

18. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.

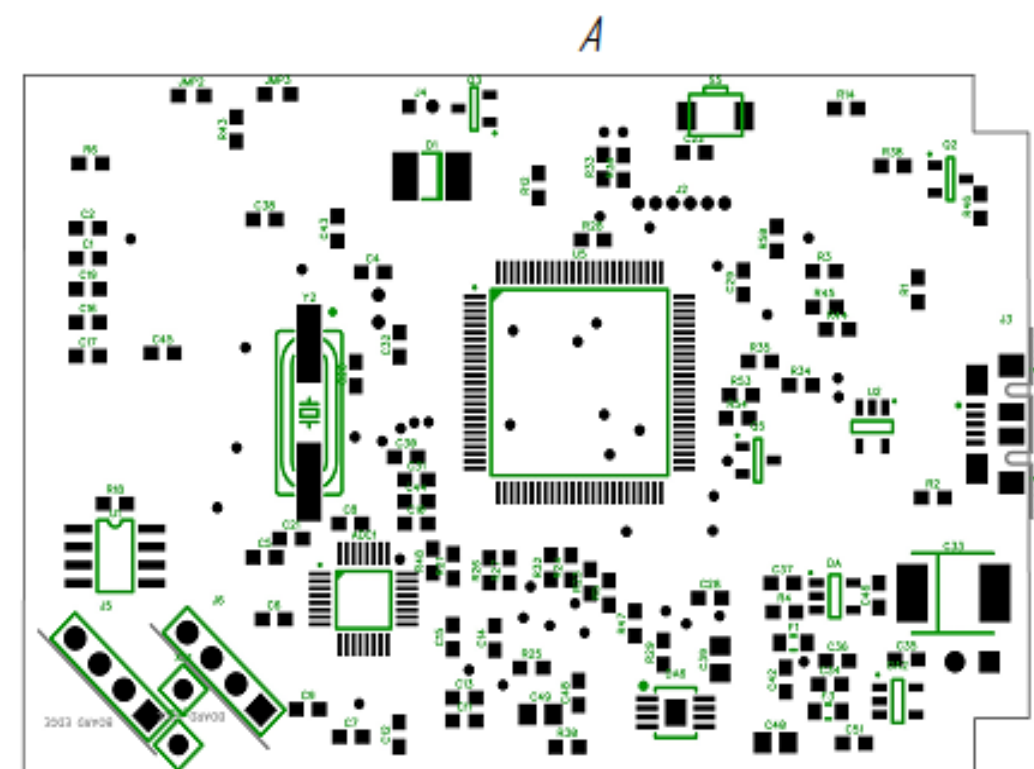
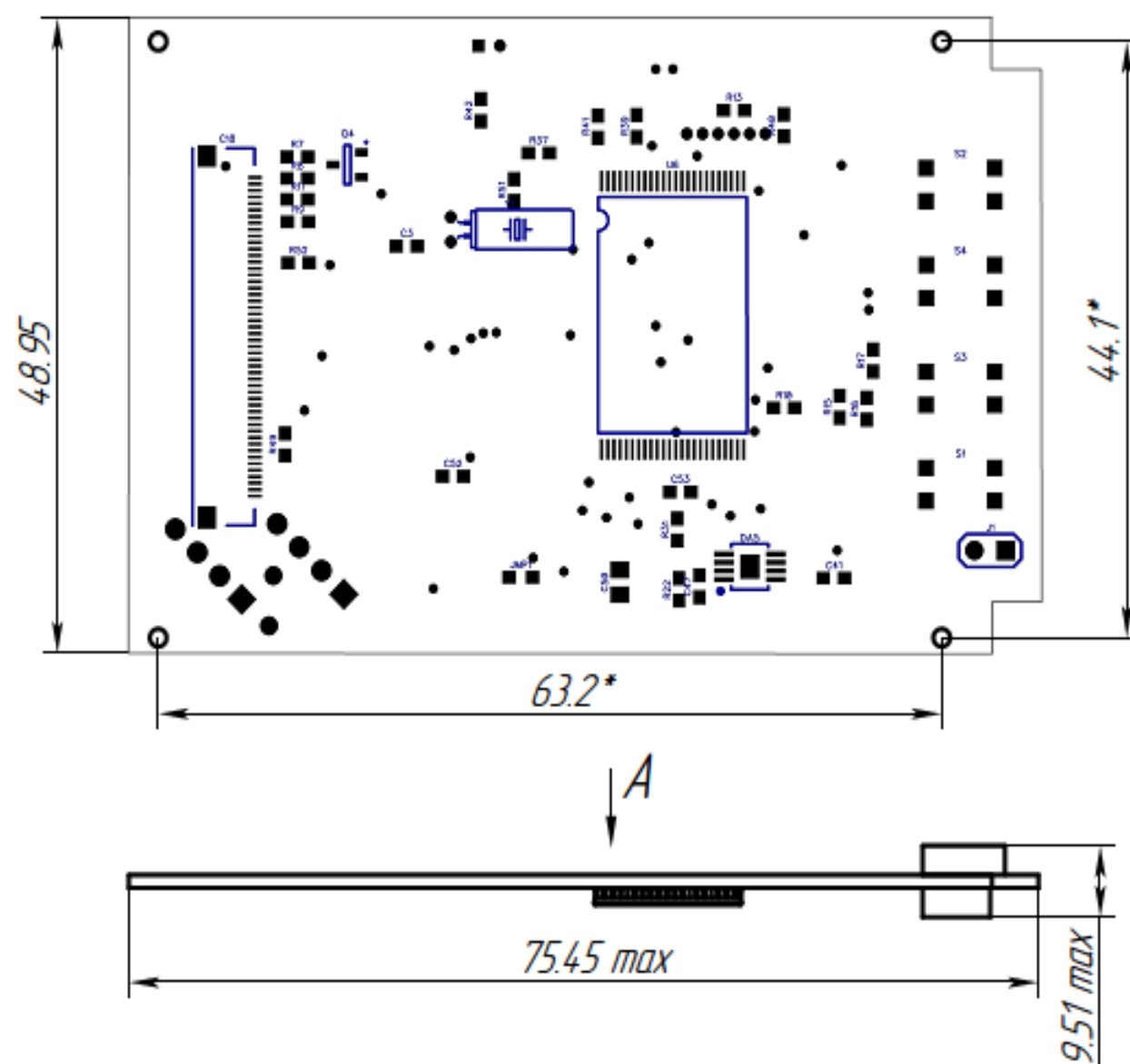
Приложение А

Спецификация

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Документация			
	A3			ФЮРА.941311.010 СБ	Сборочный чертеж	1		
					Сборочные единицы			
	A4			ФЮРА.941311.011 СБ	Корпус	1		
	A3			ФЮРА.941311.012 СБ	Манжета	1		
	A3			ФЮРА.941311.013 СБ	Печатный узел	1		
					Детали			
	A3	1		ФЮРА.941311.001	Корпус	1		
	A4	2		ФЮРА.941311.002	Крышка	1		
	A3	3		ФЮРА.941311.003	Манжета	1		
A3	4		ФЮРА.941311.004	Плата	1			
Подп. и дата					Покупные изделия			
			5		Аккумулятор	1		
			6		Дисплей	1		
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.941311.001		
	Разраб.	Дементьев Д						
	Пров.	Гормаков А.Н.						
	Н.контр.							
	Утв.							
					Портативный прибор для выявления аритмии сердца	Лит.	Лист	Листов
					Спецификация			1
						НИ ТПУ ИШНКБ		
						Группа 1БМ6В		



Плата портативного прибора для выявления аритмии сердца



- *Размеры для справок
- Паста паяльная Indium NC-SMQ
- Нанести лак после пайки
- Надписи на схеме нанесены условно и соответствуют схеме электрической принципиальной ФЮРА.94.1311.400

ФЮРА.94.1311.013 СБ					Лит.			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у				2:1
Разраб.	Деметьев Д.О.				Лист			Листов	1
Проб.	Гармков А.Н.							НИ ТПУ ИШНКС	
Т.контр.								Группа 15М6В	
Н.контр.									
Утв.									

Копировал

Формат А3

Приложение Е

Раздел 2

(Finding the best place mounting electrodes for ECG recording)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Дементьев Денис Олегович		

Консультант школы отделения: ИШНКБ, ОЭИ _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гормаков Анатолий Николаевич	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Квашнина Ольга Сергеевна			

Part 2 Finding the best place mounting electrodes for ECG recording

1.1 ECG registration from the wrist of two hands and from the arm

Due the task, it was necessary to conduct an experiment, the purpose of which was to identify the most optimal location, where electrodes will be attached to register the electrocardiogram. Since the task of the device being designed will be the detection of a different kind of arrhythmia - we will have only one lead. This place should be: easily accessible, have a projection of the vectors of the electromotive force of the heart [4]. As places to identify the experiment were selected: the left arm and the wrist of both hands. The electrocardiogram was recorded with the help of the model ECG-Express electrocardiograph. The results of the experiment were processed in the program - MathLab. Figure 4 clearly shows the location of the electrodes on the wrists.

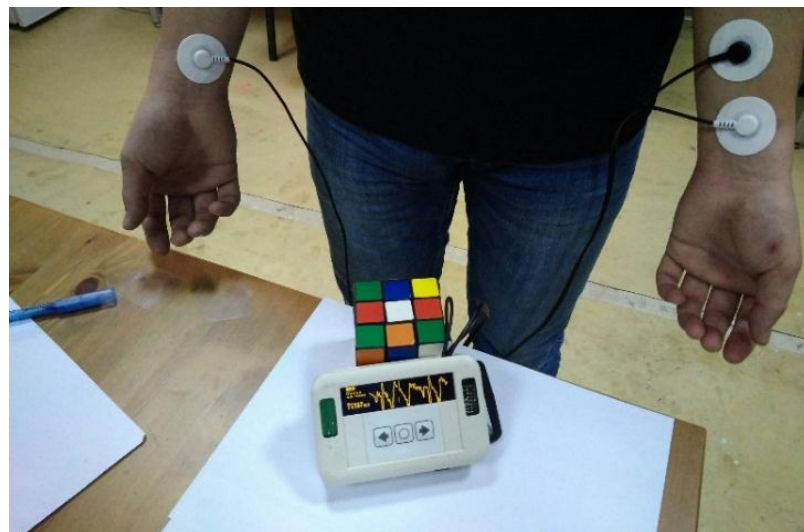


Figure 4 - The process of recording the ECG from the wrist of two hands

Figure 5 shows the electrocardiogram of a healthy person. Registration was conducted in the sitting position. Hands relaxed.

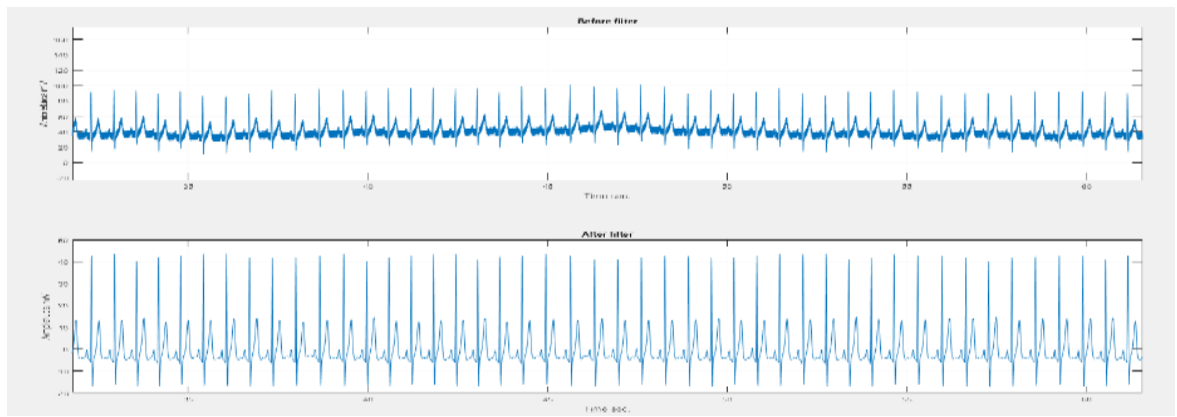


Figure 5 - ECG from the wrists of both hands at rest

The following figure 6 shows the moment of time when hands from a state of rest moved into motion, namely the alternate bending of the arms at the elbow at an angle of 90 °.

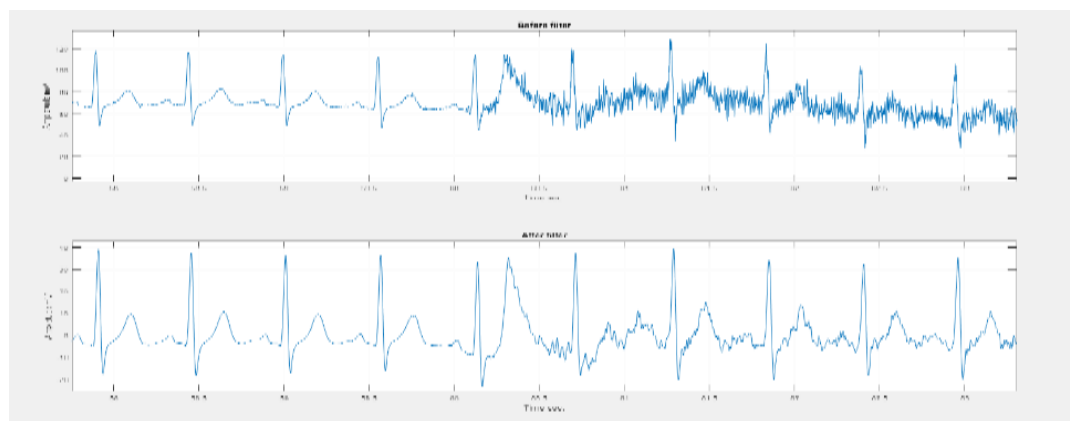


Figure 6 - ECG - transition from a state of rest in motion. Flexion of arms at the elbow at an angle of 90 degrees

From Figures 5 and 6 it can be said that at rest, the ECG is maximally informative, since the QRS complex and all characteristic ECG teeth are fully visible. When passing from a state of rest to a movement of the hands, noise is observed in the readings of ECG, but after digital filtering there are only small peaks, which are units of microvolts. For the best result, a digital filter of myographic interference is required, or you can average the signal, thereby smoothing out the peaks. QRS complex is also clearly pronounced.

Next, the ECG signal was recorded from the left arm and the signal was simultaneously recorded from the chest lead. Given that the diagnosis of ECG, is the registration of the projection of the vectors of electromotive force according to the conventional triangle of Einthoven, considering the location of the person's heart and where the EMF of the III lead is projected - suppose that the ECG is viewed on the shoulder of the left arm. The result is shown in Figure 7.

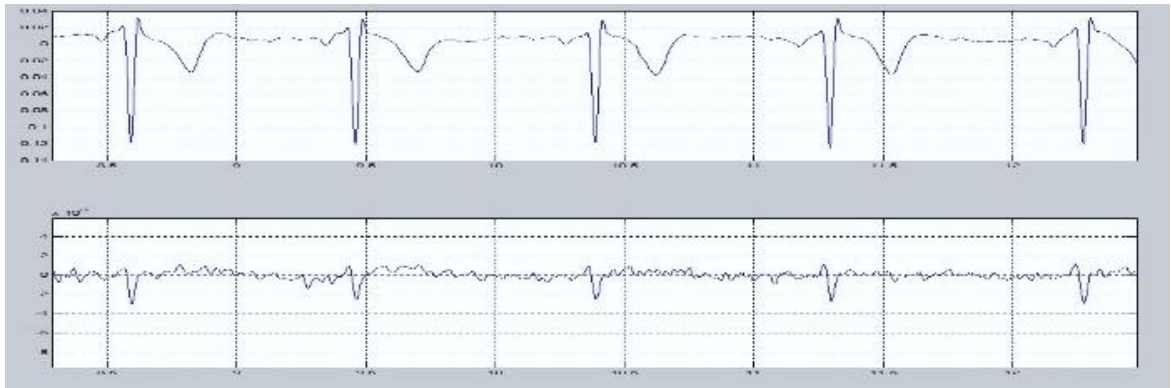


Figure 7 - ECG from above - from the chest; from below - from the left arm

As a result of the obtained data, we can say that having two correlated signals (the first one where one electrode is superimposed on the muscles of the biceps, and the other on the opposite side of the arm, and the second - the electrodes are located in the perpendicular plane with respect to the first signal), then subtracting one of the other, you can get a reliable ECG signal [4]. Since, in Figure 6, it can be seen that the periodicity of signals from the chest and from the shoulder coincide.

1.2 ECG registration from the wrist of two hands with galvanically isolated channels

The aim in the second part of the experiment was to find out whether the ECG signal can be recorded from the wrist of the right and left hands without having a common binding. Why does this question arise? Because the classical recording of ECG with bipolar lead is conducted with a minimum of one lead, where two signal

electrodes and one electrode are used [5]. In our case, we are interested in the separate recording of the ECG signal from each hand and its further transfer to the processing unit and the summation of signals. The scheme of the experiment is shown in Figure 8

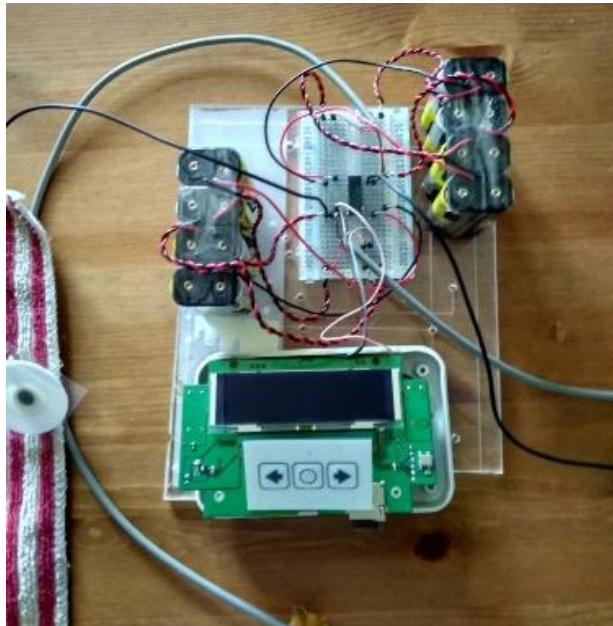


Figure 8 - Model sample of the device

Registration was carried out using a prototype portable cardiograph, which was mentioned above. In this experiment, an isolating amplifier was included in the analog circuitry of the experiment, in order to simulate signal transmission over the radio channel and instead of conventional medical silver chloride electrodes capacitive sensors of Epic semiconductors were used, inside of which an amplifier with $K_u = 10$ is provided. Power was provided by AA batteries.

Figure 9 shows the result of the experiment described above.



Figure 9 shows the result of the experiment described above.

The ECG is inverted, ECG-specific prongs are present, with the correct unfolding - the QRS complex will be clearly visible. The main problem remains the issue of attaching electrodes (GND) - "earth". In this experiment, the grounding electrodes were fastened away from the wrists at the back of the trunk in the area of the scapula.